Departamento de Ciências e Engenharia Ambiente

DIAGNÓSTICO E AVALIAÇÃO DA GESTÃO DE LIXIVIADOS PRODUZIDOS EM ATERROS SANITÁRIOS DE RESÍDUOS URBANOS

CASO DE ESTUDO: SISTEMAS INTERMUNICIPAIS

INÊS MARGARIDA DE BARROS TAVARES DOS SANTOS

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, perfil Engenharia Sanitária.

Dissertação realizada sob a orientação de:
Prof.ª Doutora Maria da Graça Madeira Martinho

Lisboa, 2008

O trabalho desenvolvido no âmbito desta dissertação integra-se no Projecto de Investigação em desenvolvimento no DCEA/FCT, intitulado "Estudo sobre a Gestão dos Lixiviados Produzidos em Aterros Sanitários", coordenado pela Profª Doutora Maria da Graça Martinho, e financiado pelo Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR).

"When politicians are out of power, suddenly, they became the climate protectors, (…) and when they are in position to do something, they find excuses. And this will not be good enough for the future..."

Gerd Leipold
(Director-executivo da Greenpeace Internacional)

"Ninguém é tão grande que não possa aprender, nem tão pequeno que não possa ensinar."

Carlos Bernardo González Pecotche

"A dificuldade é um severo instrutor."

Edmund Burke

"Dedico este trabalho à Memória do meu Pai, que será sempre um exemplo de vida e brio na forma como sempre lutou para ser melhor. E à minha querida Mãe…o meu suporte…de sempre!"

AGRADECIMENTOS

As palavras que se seguem são, sem dúvida, as que me parecem mais fáceis e espontâneas de escrever. E é com grande satisfação que desejo manifestar o meu profundo reconhecimento e gratidão a todos que, indubitavelmente, contribuíram para a concretização deste trabalho.

À Prof.ª Doutora Maria da Graça Martinho, primeiro pela oportunidade de participar neste projecto, em segundo pela sua orientação e revisão cuidadosa da tese, e por último e não menos importante, pelo seu apoio e incentivo, pelas suas críticas, sugestões e liberdade concedidas, que me acompanharam ao longo desta investigação.

Ao Prof. Doutor Fernando Santana, ao Prof. Doutor Rui Ferreira dos Santos e à Eng.ª Ana Sofia Brandão, da FCT/UNL, pela contribuição na revisão dos questionários.

Ao Eng. Artur João Cabeças por me dar a conhecer a problemática dos lixiviados e pelos seus conselhos e esclarecimentos.

Ao IRAR, em particular aos Eng.s João Almeida, João Silva e Alexandra Costa, pela sua cooperação e acompanhamento nas visitas efectuadas, e pela articulação no contacto com os sistemas de gestão.

À Eng.ª Joana Santos, pelo apoio e amizade, pela boa disposição e entusiasmo que me acompanharam ao longo dos trabalhos, pela colaboração, troca de impressões e incentivo que tanto me ajudaram nos momentos de ansiedade e desmotivação.

Aos profissionais intervenientes nos Sistemas de Gestão de Resíduos, o meu agradecimento pela sua disponibilidade e colaboração no preenchimento dos questionários, pelo acompanhamento nas diversas visitas técnicas, pela disponibilização de informação complementar aos questionários e ainda pelos seus pareceres e opiniões que enriqueceram este trabalho. De uma forma especial gostaria de agradecer, sem nenhuma ordem em especial:

- ao Exmo. Sr. Administrador Executivo Sr. Idalécio Veríssimo e à Eng.ª Alexandra Pinheiro, da Ambilital, EIM;
- ao Exmo. Sr. Presidente do Conselho de Administração Prof. Doutor José Manuel Macedo Dias, e aos Eng.s Joel Braga, Ricardo Meneses, Susana Medeiros, e Daniel Lamas, da Ambisousa, EIM;
- ao Exmo. Sr. Presidente do Conselho Directivo Dr. Estêvão Manuel Pereira, ao Secretário-Geral Eng. Fernando Manuel Mendes Curado e ao Eng. Carlos Monteiro, da Amcal;
- ao Exmo. Dr. Tiago Faria e à Eng.ª Susana Dias de Almeida, da Tratolixo, EIM;
- ao Exmo. Sr. Administrador Delegado António Figueiredo Pereira, à Eng.ª Maria Manuela Dias, e à Eng.ª Mónica Coimbra da Ecobeirão, SA.;
- à Dr.ª Alda Caetano e ao Eng. Rui Nunes Brites, da Ecolezíria, EIM;
- ao Exmo. Sr. Director-Geral Dr. António Marcão e à Eng.ª Ana Silva, da Gesamb, EIM;

- ao Exmo. Sr. Administrador Delegado Dr. Fernando Leite, ao Dr. Abílio Almeida, da LIPOR e ao Eng. Celso Rocha da Citrup;
- ao Eng. Nuno Miguel Ferreira Lopes da Silva da Zagope (Raia - Pinhal);
- ao Eng. Pedro Sobral da Resialentejo, EIM;
- ao Exmo. Sr. Director-Geral Dr. Paulo Praça e à Eng.ª Ana Carvalho dos Resíduos do Nordeste, EIM, e ao Eng. Luís Teixeira da FOCSA;
- ao Exmo. Sr. Administrador Delegado Diamantino Duarte e Eng.ª Filipa Sobral, da Resitejo, EIM;
- ao Exmo. Sr. Administrador Delegado Eng. Paulo Noronha e à Dr. Ilda Palma da Vale do Douro Norte.

Uma palavra de agradecimento à Sandra Alberto e à Conceição Capelo da secretaria do Departamento de Ciências e Engenharia Ambiente da FCT-UNL (DCEA) pela forma sempre prestável com que me receberam e pelo apoio logístico concedido.

Gostaria de estender os meus agradecimentos aos meus amigos e aos meus colegas de mestrado pela partilha de angústias, pelo apoio e incentivo sempre manifestados.

Finalmente, e em especial, agradeço à minha querida Mãe e ao Félix pelo seu carinho e apoio incessantes, e pelo seu amor incondicional, os quais permitiram ultrapassar os momentos mais angustiantes e menos inspirados.

A todos, os meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

Na última década, a gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) sofreu uma marcante evolução de carácter político e legislativo, com destaque para a reorganização institucional e para as medidas estratégicas adoptadas.

A produção de lixiviados é uma consequência inevitável da deposição de resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários. A contenção, recolha e tratamento adequado do lixiviado deverá ser uma prática comum e obrigatória de prevenção e controlo da poluição/contaminação das massas de água (superficiais e subterrâneas) e solo subjacentes ao aterro sanitário. O sistema de tratamento de lixiviados a implantar é fortemente dependente da qualidade do lixiviado, que por sua vez é influenciado por diversos factores, incluindo a composição da massa de resíduos depositada, a precipitação, e o tipo de gestão e operação em aterro, entre outros.

O Instituto Regulador de Águas e Resíduos, no âmbito da sua missão como entidade reguladora de resíduos, encomendou à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa o estudo: "Gestão de Lixiviados Produzidos em Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos", em 2007.

A presente dissertação tem como objectivo apresentar o diagnóstico actual da situação nacional em matéria de gestão e tratamento de lixiviados produzidos em aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos, tendo como caso de estudo o universo dos sistemas intermunicipais. Este trabalho é um contributo importante o estudo supracitado, que se encontra actualmente em curso, nomeadamente com a proposta de indicadores de desempenho que se desenvolveram no âmbito desta dissertação e que se aplicarão posteriormente a todos os Sistemas.

Para atingir estes objectivos recorreu-se a dois instrumentos de análise, um indirecto através de da realização de questionários aos sistemas intermunicipais, e outro, por observação directa através da realização de visitas a todos estes sistemas.

Os resultados e as conclusões obtidas permitiram identificar o número e o tipo tratamento de lixiviados existentes nos sistemas intermunicipais, as características do lixiviado produzido, as eficiências de tratamento, os destinos do efluente tratado, de lamas e concentrados resultantes, bem como identificar as principais dificuldades dos Sistemas. Ainda com base na informação recolhida foi possível desenvolver um conjunto de indicadores (ambientais, de contexto, de recursos humanos, operacionais, económico-financeiros, de qualidade do serviço e de opinião) que serão aplicados aos restantes Sistemas de gestão de resíduos nacionais.

ABSTRACT

Over the last decade municipal solid waste management (MSWM) suffered an outstanding evolution of legislative and political character, with draw attention to institutional re-organization and for the strategies adopted.

Leachate generation remains an invariably occurrence of solid waste disposal in landfill practice. Its containment, collection and adequate handling have become a need for environmental protection and prevention, mainly surface and ground water and soils neighbouring sites, thus it should take place at all sites. The design and construction of leachate treatment plant strongly depends on the quality and quantity of the raw leachate, which in turn is influenced by numerous factors, including rainfall, waste composition, and operational procedures at site, beside others.

In the scope of its mission as the regulatory authority, the Waste and Water Regulatory Institute ordered to the Faculty of Science and Technology from New University of Lisbon the study: "Leachate Management generated at Municipal Solid Waste Landfill", in 2007.

The present dissertation aims to present the current diagnosis from the national situation in matter of management and handling of leachate generated at sanitary landfills, having "Intermunicipais" operators as the case study.

This work represents a significant contribution for the aforesaid study, that is found currently in course, namely in the performance indicators proposal developed in the scope of this thesis, that then will be applied to all national operators.

To reach these objectives two analysis tools were used, an indirect by questionnaires to the "Intermunicipais" entities, and another by direct observation through the visits done to all the leachate treatment plants.

The results and the conclusions obtained permitted to identify the number and type of leachate treatment, the characteristics of the leachate generated, the treatment efficiencies, final destination of leachate, slugde and concentrates, as well as identify the entities constrains. On basis of the information collected it was possible to develop a number of performance indicators (environmental, context, economical and financial, operational, human resources, quality of service and opinion) in order to be applied to all of the national management entities.

SIMBOLOGIA E NOTAÇÕES

Amalga	Associação de Municípios Alentejanos para a Gestão do Ambiente
Ambilital	Investimentos Ambientais no Alentejo, EIM
Ambisousa	Empresa Intermunicipal de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos, EIM
Amcal	Associação de Municípios do Alentejo Central
Amtres	Associação de Municípios dos Conselhos de Cascais, Mafra, Oeiras e Sintra
AS	Aterro Sanitário
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
CBO	Carência Bioquímica de Oxigénio
CQO	Carência Química de Oxigénio
DCEA	Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente
DGA	Direcção-Geral do Ambiente
D.L.	Decreto-Lei
Ecobeirão	Sociedade de Tratamento de Resíduos Sólidos Planalto-Beirão, S.A.
Ecolezíria	Empresa Intermunicipal de Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos, EIM
EEA	European Environment Agency
EPA	Environmental Protection Agency - Agência para a Protecção do Ambiente
ERSAR	Entidade Reguladora dos Serviços das Águas e dos Resíduos
ENDS	Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável
ETAL	Estação de Tratamento de Águas Livixiantes
Eurostat	Serviço de Estatística das Comunidades Europeias
FCT	Faculdade de Ciências e Tecnologia
IGAOT	Inspecção-Geral do Ambiente e Ordenamento do Território
INR	Instituto dos Resíduos
INSAAR	Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais
IRAR	Instituto Regulador de Águas e Resíduos
Gesamb	Gestão Ambiental e de Resíduos, EIM
Lipor	Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto
MA	Ministério do Ambiente
MAOT	Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território
MAOTDR	Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional
MCOTA	Ministério das Cidades, do Ordenamento do Território e Ambiente
N_2	Azoto gasoso
NH_3	Amónia
NH_4^+	Ião Amónio
NO_2^-	Ião Nitrito
NO_3^-	Ião Nitrato
NKJ	Azoto Kjeldahl
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
PAC	Powdered Activated Carbon - Carvão Activado em Pó

PCIP	Prevenção e Controlo Integrado da Poluição
Planalto-Beirão	Associação de Municípios da Região do Planalto-Beirão
PERSU	Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos (1997-2006)
PERSU II	Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos (2006-2016)
PIENDS	Plano de Implementação da Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável
Q1	Questionário 1
Q2	Questionário 2
Raia-Pinhal	Associação de Municípios da Raia-Pinhal
Resialentejo	Tratamento e Valorização de Resíduos, EIM, da Amalga
Resíduos do Nordeste	Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos da Região do Nordeste, EIM
Resitejo	Associação de Gestão e Tratamento dos Lixos do Médio Tejo, EIM
REA	Relatório do Estado do Ambiente
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SBR	Sequencing Batch Reactor
SEPA	Scottish Environmental Protection Agency - Agência para a Protecção do Ambiente – Escócia
SMAUT	Sistemas Multimunicipais e Intermunicipais de Gestão de Resíduos Urbanos
SST	Sólidos Suspensos Totais
Tratolixo	Tratamento de Resíduos Sólidos, EIM
UE	União Europeia
UNL	Universidade Nova de Lisboa
USEPA	United States Environmental Protection Agency - Agência para a Protecção do Ambiente – Estado Unidos
VLE	Valor Limite de Emissão

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE QUADROS

ÍNDICE DE FIGURAS

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo apresenta-se uma introdução à problemática que se pretende tratar ao longo da dissertação, com uma breve revisão das matérias envolventes ao objectivo central da tese, mas que contribuem para a sua boa compreensão. Apresentam-se as motivações que levaram ao desenvolvimento desta investigação, bem como a sua contribuição enquadrada no panorama actual da temática. São definidos os objectivos e exposta a metodologia geral adoptada para a sua concretização. Por fim apresenta-se a estrutura da dissertação.

1.1 ENQUADRAMENTO

Na última década a gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) em Portugal sofreu uma profunda evolução de carácter político, legislativo e estratégico, com destaque para a reorganização institucional e para as medidas estratégicas adoptadas (MAOTDR, 2007).

A implementação do Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU I), definido para o período de 1997 a 2006, gerou grande impacte ao nível da gestão de RSU no país. Assente nas bases estratégicas da União Europeia (UE)[1], este documento definia a aplicação de uma hierarquia de princípios colocando em primeiro lugar a prevenção (redução e reutilização), em segundo a valorização (reciclagem e recuperação) e, por último, o confinamento seguro (APA, 2008).

Nos contornos deste Plano, foi efectuado um levantamento do ponto da situação em matéria de gestão de RSU, para o ano 1995, constituindo um ponto de partida para os desenvolvimentos dos trabalhos que se seguiram, no desígnio de alcançar as metas definidas no PERSU de curto e médio prazo, respectivamente 2000 e 2005.

Em termos de tratamento e destino final dos RSU, a situação de referência em 1995, tratada no âmbito do PERSU I e tendo em conta os dados disponíveis à data, apontava para cenário pouco animador e atractivo, com o predomínio da utilização de lixeiras e vazadouros sem controlo e vazadouros controlados (73%), em detrimento da prática da compostagem e reciclagem (13%), e da deposição em aterro sanitário (14%) (INR, 2007a).

Tendo em conta as metas propostas no PERSU I, este referencial demonstrava a clara necessidade de ajustar a gestão de RSU a uma gestão integrada e estruturalmente mais sustentável, factos que levaram à definição de sete "pilares de sustentação" (Figura 1.1.),

[1] PERSU surge do cumprimento das orientações da Directiva 75/442/CE do Conselho, de 15 de Julho, designada por Directiva Quadro dos Resíduos

assentes numa base de apoio cívica, política, educacional, técnica e económica, e que se traduziam, no fundo, em considerações e medidas práticas de viabilização deste plano estratégico.

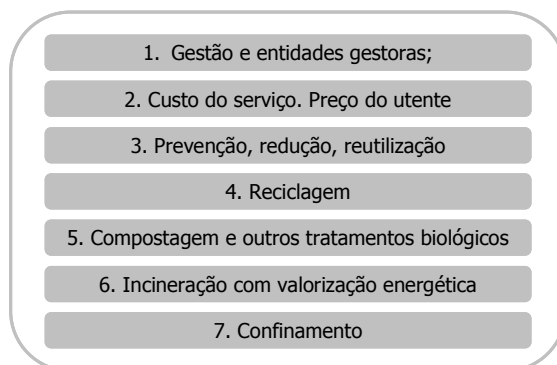



Figura 1.1. Pilares estruturais de sustentação de uma gestão sustentável de RSU (adaptado de MAOT, 1999).

O PERSU I apostava na concretização dos seguintes objectivos principais (INR, 2007a):

- encerramento e recuperação de todos os locais de deposição ilegais, com vista à erradicação total das lixeiras;
- construção de novas infra-estruturas para o tratamento e confinamento adequado de RSU;
- incentivo à recolha selectiva e à reciclagem multimaterial;
- concretização das metas para os horizontes 2000 e 2005.

No Quadro 1.1. apresentam-se as metas a atingir a curto (ano 2000) e médio (ano 2005) prazos.

Quadro 1.1. Metas de curto e médio prazo preconizadas no PERSU (adaptado de INR, 2007a).

Acções	Metas PERSU	
	Ano 2000	Ano 2005
Redução	3%	5%
Compostagem	15%	25%
Reciclagem	15%	25%
Incineração	26%	22%
Aterros Sanitários e Confinamento técnico	42%	23%
Lixeiras	0%	0%

A aplicação do PERSU I marcou, de facto, um ponto de viragem no domínio da gestão de RSU em Portugal, com especial destaque para a erradicação total das lixeiras municipais, para a reorganização das entidades gestoras, ou seja, a criação de sistemas multimunicipais e intermunicipais, e para a construção de diversas infra-estruturas para a gestão dos RSU obedecendo a critérios de construção e exploração conformes com a legislação em vigor e com as melhores técnicas e práticas disponíveis.

Em 1996 a gestão de resíduos em Portugal Continental assentava na gestão municipal directa, que se traduzia em 275 entidades gestoras, número correspondente aos municípios existentes.

Esta gestão, por falta de recursos técnicos e financeiros, resumia-se fundamentalmente à recolha e eliminação não controlada dos RSU, existindo para tal 341 lixeiras, 5 unidades de valorização orgânica e 13 aterros sendo que, apenas 26%, aproximadamente, dos resíduos produzidos teriam destino considerado aceitável (IA/MAOTDR, 2007; Martinho e Gonçalves, 2000).

Segundo o REA de 2006[2] (IA/MAOTDR, 2007) o número de lixeiras teve, em cerca de meia década, uma evolução admirável concretizando-se, no início de 2002, a total erradicação das 341 referenciadas em 1996. Em 2006, o cenário em Portugal era já bem diferente da situação de referência do PERSU I, dispondo o Continente de 34 aterros sanitários, 8 unidades de valorização orgânica (das quais 2 destinadas a resíduos verdes) e 2 unidades de incineração.

Estes rápidos desenvolvimentos exigiram, de facto, uma grande vontade e determinação política, acarretando grandes modificações ao nível das entidades gestoras, a mobilização de apreciáveis meios financeiros e técnicos, e ainda o solucionar de diversos conflitos decorrentes da oposição pública à localização de novos aterros (*i.e.* fenómeno NIMBY[3]).

Actualmente, o país começa a entrar na tão desejável fase ISWM – *Integrated Solid Waste Management*[4]*,* caminhando para a optimização da gestão dos resíduos, e com o objectivo de assegurar a sua sustentabilidade nos seus três pilares fundamentais: ambiental, económico e social (MAOTDR, 2007; Tchobanoglous *et al.*, 1993).

Não obstante o percurso conjecturado para Portugal, e face à situação que se apresentava em 1996, os aterros sanitários afiguraram-se como a solução para a resolução do passivo ambiental. Desde 1999 que este tipo de infra-estruturas se estabeleceu como a forma mais utilizada para a deposição controlada dos RSU. No entanto, e podendo esta solução final ser precedida pelas operações que protagonizem as metas definidas para a reciclagem e valorização, deverá enfatizar-se cada vez mais o papel de fim de linha dos aterros sanitários na cadeia de gestão de um sistema integrado de gestão de resíduos (MAOTDR, 2005).

Os modernos conceitos de gestão de RSU preconizam soluções integradas de valorização, tratamento, e confinamento técnico, sempre com vista à minimização da deposição de resíduos em aterro (Tchobanoglous e Kreith, 2002; Bilitewski *et al.*, 1997). Ainda assim, quaisquer que sejam as alternativas de tratamento e valorização de resíduos, a deposição de RSU em aterro sanitário será sempre, e é hoje, uma prática essencial num sistema de gestão integrada de resíduos, ou como destino final dos refugos produzidos nos processos de tratamento (*e.g.* compostagem, incineração, digestão anaeróbia da fracção orgânica dos RSU), ou mesmo como opção única de tratamento (Levy e Cabeças, 2006; Russo, 2005).

---

[2] REA – Relatório do Estado do Ambiente

[3] O NIMBY (*Not In My Back Yard*) é o acrónimo que designa a síndrome da oposição da população-residente num determinado local à implementação de infra-estruturas intrusivas próximo das suas residências (Marques, 2004).

[4] Utiliza-se, genericamente, para a gestão integrada de resíduos o acrónimo IWM - *Integrated Solid Waste Management*.

Nesta lógica há que assegurar, incondicionalmente, o cumprimento das exigências relacionadas com os aspectos construtivos, modos de exploração e operação, e monitorização dos aterros, com vista a preservação da qualidade do ambiente, em particular na protecção das massas de água e dos solos, para além da desejada mitigação das emissões de gases com efeito de estufa.

Um aterro sanitário pode ser considerado um reactor bioquímico em que os *Inputs* são os resíduos, as águas pluviais e a energia, e os *Outputs* o biogás e os lixiviados, resultantes da degradação da massa de resíduos e da precipitação (Levy e Cabeças, 2006).

A produção de lixiviados é uma consequência inevitável da deposição de RSU em aterros sanitários, e é resultado do balanço hídrico dos aterros e da percolação da água na massa de resíduos que extrai e arrasta consigo diversos materiais dissolvidos e/ou em suspensão (Tchobanogluos *et al.*, 1993; Qasin e Chiang, 1994).

Uma inadequada gestão dos lixiviados comporta riscos ambientais consideráveis, nomeadamente a contaminação das massas de água (superficiais e subterrâneas) e do solo subjacentes ao aterro sanitário, para além de poder representar mais custos para a gestão dos resíduos. É por isso imprescindível proceder à contenção, recolha, tratamento adequado e controlo dos lixiviados, não só na óptica da prevenção e controlo da poluição, mas também do ponto de vista da sustentabilidade económica dos sistemas de gestão de resíduos.

O sistema de tratamento de lixiviados a implantar é fortemente dependente da qualidade e quantidade do lixiviado gerado que, por sua vez, é influenciado por diversos factores, incluindo a composição da massa de resíduos depositada, a precipitação, e o tipo de gestão e operação em aterro, entre outros (Qasin e Chiang, 1994).

Em Portugal Continental, para além das 341 lixeiras já referenciadas, as quais embora já seladas continuam a dar origem à produção de lixiviados e biogás, existem actualmente 16 aterros encerrados e 34 aterros em exploração (INR, 2006; Martinho *et al.*, 2008). Estas infra-estruturas dão origem a quantidades consideráveis de águas lixiviantes. A maioria destas infra-estruturas dispõe de sistemas de tratamento ou pré-tratamento de lixiviados, com descarga directa em meio hídrico ou em colector municipal que encaminha posteriormente o lixiviado para uma Estação de Tratamento de Águas Residuais municipal (ETAR). Esta diferença subsiste apenas no facto de existirem, ou não, redes de drenagem municipal nas proximidades do aterro, o que condiciona, à partida, o tipo de tratamento a preconizar.

Importa referir que, embora seja expectável que o número de aterros venha a diminuir nos próximos anos, fruto da implementação progressiva das novas estratégias de prevenção e valorização dos RSU previstas no PERSU II (MAOTDR, 2007), não deverá, nunca, desconsiderar-se a gestão adequada dos lixiviados. Por outro lado, a produção de lixiviado não se cinge apenas

à fase de exploração do aterro donde, mesmo após o seu encerramento, continuar-se-ão a produzir águas lixiviantes, constando na legislação (*i.e.* Decreto-Lei n.º 152/2002, de 23 de Maio) a obrigatoriedade de se prosseguir com a sua monitorização e tratamento, durante os 30 anos seguintes à fase de encerramento.

1.2 RELEVÂNCIA

A expansão demográfica e o progresso tecnológico e industrial têm estado na origem da acentuada degradação do meio ambiente e em particular dos recursos hídricos. Estas relações causais têm-se registado de uma forma cada vez mais premente ao longo do tempo, o que conduziu a uma consciencialização gradual a nível global, e que se foi repercutindo no desenvolvimento e implementação de legislação específica de ambiente. Com efeito, as políticas de ambiente tendem a ser cada vez mais incisivas e restritas, tendo em conta o estado actual do ambiente e as previsões de agravamento futuro.

Portugal dispõe, recentemente, de uma Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável (ENDS)[5], com o seu respectivo Plano de Implementação (PIENDS), que contempla um conjunto de acções e medidas que permitam, no horizonte de 2015, assegurar ao país "(…) um crescimento económico célere e vigoroso, uma maior coesão social, e um elevado e crescente nível de protecção e valorização do ambiente (…)" (Mota *et al.*, 2007b).

Esta estratégica define seis grandes objectivos no seu desígnio, sendo que o seu terceiro objectivo - Melhor Ambiente e Valorização do Património, é o que incorpora a necessidade da adopção de políticas e acções de protecção do ambiente. Com efeito, o desdobramento deste grande objectivo inclui, necessariamente, a promoção de políticas integradas de gestão dos resíduos e dos recursos hídricos (Mota et al., 2007b).

Estes documentos de orientação estratégica sustentaram também a revisão do PERSU I, consubstanciada no PERSU II (MAOTDR, 2007), em particular devido à necessidade da sua articulação com este plano, dado o seu enquadramento e incidência nas políticas de gestão de RSU.

No actual sector dos resíduos, em particular o dos RSU, prevê-se um cenário de evolução, num mercado ainda aberto a consideráveis investimentos, tendo em conta as necessárias modificações e optimizações a levar a cabo com vista ao cumprimento das metas definidas no PERSU II, o novo referencial em vigor para os agentes do sector dos RSU (MAOTDR, 2007).

---

[5] Definido para o período de 2005 a 2015.

Um livro lançado pela Águas de Portugal, em Fevereiro de 2002 (AdP, 2002), classificou a erradicação das lixeiras como "a limpeza do século", substituídas pelo novo conceito de confinamento técnico: o aterro sanitário, utilizado não apenas como instalação de eliminação de resíduos, mas também como uma instalação para tratamento de resíduos. Estas instalações permitiriam servir 100% da população portuguesa de gestão e tratamento adequado dos seus resíduos.

Contudo, e de acordo Ricardo Garcia[6] (Garcia, 2003), a desactivação das 341 lixeiras existentes em Portugal até 2002 não conduziu a um cenário tão aprazível como desejado. Dados provenientes de Relatórios da Inspecção-Geral do Ambiente, de Dezembro de 1999 a Dezembro de 2002, revelaram que, cerca de 73% dos aterros fiscalizados (27 dos 37 aterros em exploração nessa altura) teriam diversas dificuldades no tratamento dos lixiviados, destacando-se o não funcionamento das estações de tratamento, o alagamento das células de resíduos pelos lixiviados e o seu ressurgimento nos taludes, com consequente descarga nas redes de esgotos e nas ribeiras com elevados níveis de contaminação.

Da totalidade dos 37 aterros existentes na altura foram também apontados 11 nos quais, dada a monitorização deficiente ou mesmo inexistente, não era possível garantir que as massas de águas, superficiais e subterrâneas adjacentes, se encontrassem salvaguardadas quanto à possível contaminação pelas escorrências e infiltrações dos lixiviados. Foram ainda detectados 4 aterros nos quais se identificaram, de facto, nítidas situações de contaminação.

Foram também identificados aterros com licença de descarga em falta, aterros que receberam resíduos perigosos, e alguns cujas telas de impermeabilização se encontravam danificadas dado a massa de resíduos ter entrado em combustão. Os inspectores detectaram ainda problemas relacionados com a deposição de resíduos, como a cobertura deficiente da massa de resíduos e maus cheiros (Garcia, 2003).

Recentemente, o Instituto dos Resíduos (INR), na sua incumbência de promover a investigação no sector dos resíduos encomendou, ao Centro de Sistemas Urbanos e Regionais (CESUR), do Instituto Superior Técnico (IST), em 2003[7], um diagnóstico sobre o funcionamento das Estações de Tratamento de Águas Lixiviantes (ETAL) em Portugal Continental. Do que foi possível conhecer, e dos 29 aterros analisados (no universo dos 37 existentes à data), os autores concluem que, na generalidade, a eficiência do tratamento obtida para as águas lixiviantes é, na maioria, inferior à prevista.

---

[6] Jornalista do jornal Público desde 1989, dedicado sobretudo ao jornalismo sobre ambiente.

[7] Concluído em 2004

Entre os motivos apontados para este "insucesso" destacam-se a existência de processos de tratamento inadequados para este tipo de efluentes, o sub-dimensionamento das estações, o excesso de águas pluviais ou uma má operação.

Deste estudo resultaram recomendações e sugestões para cada uma das ETAL estudadas, embora se desconheça se as mesmas foram tomadas em consideração, ou não, pelas entidades gestoras analisadas. Destas recomendações assinalam-se a necessidade de minimizar a área de exposição de operação do aterro, com vista à redução de caudal afluente à ETAL, e uma maior flexibilidade quanto aos Valores Limite de Emissão (VLE) de alguns parâmetros de descarga em períodos transitórios, perante determinadas condições de descarga (Levy, 2006).

Muitos destes problemas resultam do facto dos lixiviados se enquadrarem num território de fronteira entre os domínios de actuação dos profissionais e entidades do sector das águas residuais e dos resíduos, sendo uma temática que tem sido alvo de uma gestão pouco incisiva, não ocupando o merecido destaque no âmbito da investigação científica.

Mais recentemente, em Setembro de 2006, a Associação Portuguesa de Engenharia do Ambiente (APEA) promoveu um seminário sobre "Tratamento de Águas Lixiviantes", no qual se levantaram ainda outras problemáticas relacionadas com a gestão de lixiviados em aterros de RSU, nomeadamente a questão dos destinos finais de lamas e concentrados resultantes do tratamento destes efluentes, debatendo-se também a eventual necessidade de portaria própria sobre as condições de descarga deste efluentes.

Estas premissas, bem como as conclusões do estudo realizado pelo CESUR evidenciam, claramente, a necessidade de um conhecimento mais profundo no que toca à actual gestão dos lixiviados em Portugal.

Estes registos são, de facto, um excelente ponto de partida para uma análise mais exaustiva nesta matéria, para além de poder permitir o acesso à informação, através da sua divulgação pública, constituindo-se esta investigação num contributo essencial para o país, em particular para os principais intervenientes, sejam entidades gestoras ou reguladoras, para além do manifesto contributo a nível académico.

Inteiramente enquadrado no contexto político e social actual, esta investigação enquadra-se ainda, perfeitamente, no contexto académico da engenharia sanitária, na medida em que integra os seus principais domínios de especialidade, conjugando as três grandes áreas do seu domínio: as águas, as águas residuais e os resíduos.

1.3 ÂMBITO E OBJECTIVOS

Consciente da problemática da gestão dos lixiviados de RSU produzidos em Portugal Continental, o Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR), no âmbito da sua missão como entidade reguladora das águas e resíduos, solicitou à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (FCT/UNL), em 2007, a realização de um estudo sobre a gestão de lixiviados produzidos em aterros sanitários de RSU. Dando sequência a esta solicitação, foi estabelecido um Protocolo de Cooperação entre estas duas entidades, para o desenvolvimento de um projecto de investigação sobre esta temática do tratamento de lixiviados. O projecto tem como coordenadora a Profª Doutora Graça Martinho e integra na sua equipa, para além da autora, o Prof. Doutor Fernando Santana, a Eng.ª Ana Sofia Brandão e a Eng.ª Joana Lalanda Santos.

O trabalho que agora se apresenta é parte integrante do estudo supracitado e é, portanto, um contributo importante para o referido estudo, que se encontra actualmente em curso.

Como principais objectivos desta dissertação, destacam-se os seguintes:

- Levantamento e diagnóstico da situação nacional em matéria de gestão e tratamento de lixiviados produzidos em aterros de RSU geridos pelos Sistemas Intermunicipais, procurando-se deste modo actualizar a informação relativa à gestão dos lixiviados;

- Determinação de um conjunto de indicadores de desempenho que possam servir para análises de *benchmarking* entre ETAL;

- Avaliar se o tratamento dos lixiviados é ou não um problema importante, no contexto nacional, procurando-se responder a determinadas questões como, por exemplo, qual a natureza do(s) problema(s) (*i.e.* operacional, ambiental e económico), quais as medidas mais indicadas para os minimizar (*e.g.* recomendações técnicas de operação ou propostas mais profundas, que possam inclusive obrigar a mudanças legais);

- Avaliar os impactes que as medidas a recomendar poderão ter em termos operacionais, económicos e políticos;

1.4 METODOLOGIA GERAL

Para alcançar os objectivos propostos procedeu-se, numa primeira fase, a uma exaustiva revisão da literatura, assente nas temáticas da gestão de RSU e da gestão de lixiviados. Recorreu-se a fontes fidedignas deste tipo informação, como o INR e o IRAR, para além de estudos anteriormente realizados sobre a temática, como seja, estudo do CESUR, e outros casos de estudo internacionais, recolhidos em relatórios, estudos e artigos científicos.

Para a caracterização da situação nacional preparou-se, como instrumento de análise, um inquérito por questionário, destinado a todas as entidades intermunicipais gestoras de RSU, com os quais se pretendeu recolher um conjunto de informações relacionadas com as características dos sistemas, a quantidade e origem dos RSU depositados em aterro, as características dos aterros, a quantidade de biogás e lixiviados produzidos, o tipo de tratamento dado aos lixiviados, o seu destino e os principais problemas na gestão dos lixiviados.

Para além dos questionários, e por forma a complementar a informação recolhida, foram realizadas reuniões e visitas técnicas a todos os Sistemas Intermunicipais, no sentido de averiguar as actuais condições de funcionamento das ETAL, bem como de recolher informações junto dos responsáveis e técnicos dos aterros sobre eventuais remodelações ocorridas e medidas/acções de reabilitação futuras.

Com a informação recolhida fez-se um levantamento da situação para cada um dos Sistemas Intermunicipais analisados, desenvolveram-se indicadores de desempenho a aplicar às ETAL, analisaram-se os principais problemas e sugeriram-se algumas medidas a tomar para a sua resolução.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação encontra-se estruturada em seis capítulos. No primeiro capítulo, capítulo introdutório, é efectuado um enquadramento genérico sobre a temática da investigação, a relevância do tema e a sua fundamentação, descrevem-se os objectivos, a metodologia geral utilizada para a concretização dos mesmos e, por fim, a forma como se encontra organizada a dissertação.

O segundo capítulo é dedicado à revisão da literatura relacionada com os aspectos inerentes aos domínios da investigação. Primeiro apresenta-se um sub-capítulo dedicado à deposição de resíduos em aterro sanitário, dentro do qual se faz um enquadramento histórico e legal da evolução destas infra-estruturas, a situação comunitária e nacional em matéria de deposição de resíduos em aterro e os principais impactes da deposição de resíduos em aterro, em especial os relacionados com a produção dos lixiviados. Num segundo sub-capítulo analisa-se os factores determinantes para a produção e composição dos lixiviados, o balanço hídrico de um aterro, os modelos de previsão da produção de lixiviados e os valores típicos encontrados na revisão bibliográfica de produção e composição dos lixiviados. O terceiro sub-capítulo é dedicado à problemática da gestão de lixiviados, a legislação aplicável em termos de controlo e monitorização, os principais sistemas de tratamento convencionais e os processos emergentes. No final deste capítulo faz-se uma resenha da revisão da literatura e tecem-se alguns comentários sobre a problemática actual da gestão de lixiviados.

O terceiro capítulo da dissertação integra a metodologia adoptada para prossecução dos objectivos propostos. Especificam-se os objectivos, descreve-se o planeamento e cronograma do trabalho de investigação, a selecção e caracterização do caso de estudo, os instrumentos de análise utilizados, as variáveis e indicadores seleccionados, os procedimentos seguidos, a taxa de resposta relativa aos questionários realizados às entidades gestoras de RSU e o tipo de tratamento efectuado para os resultados.

A análise dos resultados e a sua discussão compõem o quarto capítulo, que se encontra estruturado em dois grandes sub-capítulos. No primeiro apresenta-se o diagnóstico actual da gestão e tratamento de lixiviados de RSU em cada um dos Sistemas Intermunicipais analisados. Para cada um destes Sistemas é feita uma descrição geral do Sistema, uma breve caracterização das infra-estruturas de onde provêm os lixiviados e, por fim uma análise mais exaustiva à(s) ETAL do Sistema. No segundo sub-capítulo apresenta-se os indicadores de desempenho desenvolvidos para as ETAL, nomeadamente os indicadores de contexto, ambientais, de recursos humanos, operacionais, económico-financeiros, de qualidade do serviço e de opinião.

O quinto capítulo, é reservado às conclusões, limitações e recomendações, inclui uma síntese do diagnóstico realizado à situação nacional em matéria de gestão de lixiviados, uma exposição das principais problemáticas identificadas e recomendações sobre medidas a implementar para minimizar os problemas identificados. Por último, identificam-se as principais limitações do estudo e linhas para futuras pesquisas.

No sexto e último capítulo são apresentadas as referências bibliográficas que serviram de suporte a esta dissertação.

2 GESTÃO E TRATAMENTO DE LIXIVIADOS DE ATERROS SANITÁRIO DE RESÍDUOS URBANOS

No presente capítulo é apresentada a revisão da literatura, com ênfase para principais publicações da temática em discussão, bem como para investigações desenvolvidas recentemente, e por isso de elevada relevância para o presente estudo. Descreve-se a evolução estratégica e legislativa em matéria de gestão de resíduos, enquadrando a problemática da gestão e tratamento de lixiviados em Portugal. São abordadas as questões da gestão dos lixiviados nas fases de concepção, planeamento, exploração e pós-encerramento do aterro. Seguidamente, descrevem-se os sistemas tratamentos de lixiviados ditos de convencionais, bem como os processos de tratamento alternativos e emergentes, com referência para os sistemas de tratamento (implantados) em Portugal e na Europa.

2.1 Deposição de Resíduos em Aterro Sanitário

2.1.1 Enquadramento Histórico e Legal

A deposição no solo, em lixeiras a céu aberto, foi um dos primeiros métodos utilizados para a eliminação dos resíduos. No entanto, os aterros sanitários, como obra embrionária de engenharia, surgem apenas no início do século XX. McBean *et al.* (1995) referem que terá sido em Inglaterra que surgiram os precursores dos modernos aterros sanitários, na década de 20, os designados "controlled tipping", conceito que poderá ser equivalente ao de vazadouro controlado. Este método foi inovador na época pois incluía algumas preocupações e princípios de construção e exploração modernos, nomeadamente a cobertura das células com terras ou outros materiais, tendo por objectivo a redução dos odores e vectores, prejudiciais à saúde pública (McBean *et al.*, 1995).

Já em 1936, é aprovado no Reino Unido o Public Health Act, no âmbito do qual é dado o poder às autoridades locais para intervirem contra a deposição de resíduos fora dos locais designados para o efeito e a proibição de se catar resíduos. Ainda no Reino Unido, em 1947, é aprovado o "Town and Planning Act", que atribui às autoridades locais a responsabilidade pelo controlo dos novos locais de deposição de resíduos, embora as estas autoridades não tivessem os meios e a capacidade para exercer um verdadeiro controlo sobre estes novos locais (Waste Watch, 2004).

De acordo com Enns-Rempel (2006), o termo actualmente utilizado de "aterro sanitário", surgiu na década de 30 nos Estados Unidos da América (EUA), devendo-se este conceito a Jean Vincenz, responsável na época pelas obras públicas da cidade de Fresno e pela concepção do aterro sanitário de Fresno, na Califórnia.

Um dos aterros mais famosos e mediáticos, pela sua dimensão, é o aterro sanitário de Fresh Kills, em Nova Iorque. Este aterro, que entrou em exploração em 1948 e foi encerrado em 2001, é o maior aterro sanitário do mundo e, simultaneamente, uma das maiores obras de engenharia da humanidade, ocupando 8,9 km^2 (Louis, 2004).

É ainda nos EUA que é publicado pela American Society for Civil Engineers, em 1959, o primeiro guia de normas para a operação de aterros sanitários. Este guia recomendava aos operadores dos aterros que os resíduos depositados fossem compactados e cobertos com uma camada de solo no fim de cada dia de trabalho, para prevenir a proliferação de ratos e insectos (ASTC e SITES, 1998).

A constatação de que este guia não era suficiente, para melhorar significativamente as condições ambientais adversas resultantes da deposição dos resíduos, levou em 1976 o Resource Conservation and Recovery Act a solicitar à Environmental Protecion Agency (EPA) o desenvolvimento de critérios para a classificação de lixeiras a céu aberto e para a construção e exploração de aterros sanitários. Estes critérios foram aprovados em 1979, com o título "Criteria for Classification of Solid Waste Disposal Facilities and Practices". É neste trabalho que, pela primeira vez, surgem medidas para o controlo do biogás e para a protecção das águas subterrâneas, proibindo-se a deposição de resíduos em lixeiras a céu aberto (Hickman e Eldredge, 1999; ASTC e SITES, 1998).

Mais recentemente, em 1991, a EPA (EUA) publicou o documento "Solid Waste Disposal Facility Criteria", no qual é estabelecido um conjunto de critérios a adoptar pelos Estados, nomeadamente os respeitantes a requisitos para a localização, operação, projecto, monitorização das águas subterrâneas e acções correctivas, controlo do biogás e encerramento e pós-encerramento de aterros de resíduos urbanos (Hickman e Eldredge, 1999; Louis, 2004).

Até aos finais da década de 80, a deposição em aterro sanitário era ainda o método de tratamento de resíduos mais comum em toda a Europa.

Na Alemanha, por exemplo, na década de 70 existiam mais de 50.000 locais de deposição de resíduos no solo (Hempen, 2005). Em 1993, entraram em vigor as "Technische Anordnung Siedlungsabfall (TASi)", que estabeleceram requisitos para a localização, a concepção e a operação dos aterros sanitários e os critérios de admissão de resíduos nos aterros, estabelecendo a necessidade de estabilização e inertização dos resíduos orgânicos antes da sua deposição em

aterro (BMU, 2006). Em consequência da entrada em vigor das TASi, e de acordo com BMU (2006), em 1990 existiam cerca de 8.273 aterros sanitários, 7.983 dos quais na Alemanha de Leste, em 1993 o número de aterros sanitários diminuiu para 562, dos quais 202 na Alemanha de Leste.

Em Portugal, e de acordo com os registos históricos, a primeira acção do Estado Português em matéria de gestão de resíduos teve lugar em 1927, com a publicação do Decreto-Lei n.º 13166, de 18 de Fevereiro, o qual remete às câmaras municipais a promulgação de posturas relativa à remoção de lixos (Antas, 1987).

No entanto, como salienta Antas (1987), a atribuição às Câmaras Municipais de responsabilidade no domínio da "(…) remoção, despejo e tratamento de lixos, detritos e imundícies domésticas (…)" apenas acontece com o Código Administrativo, publicado pelo Decreto-Lei n.º 31095, de 31 de Dezembro de 1940.

Estas primeiras disposições do Estado no que diz respeito aos resíduos eram muito incipientes, as autarquias não tinham qualquer compensação em termos técnicos e financeiros e a Administração Central não tinha qualquer controlo sobre a matéria. Na generalidade das situações, os RSU apenas eram recolhidos dos maiores centros urbanos, e depositados em lixeiras a céu aberto.

A primeira Lei-Quadro dos Resíduos surge apenas em 1985, com a aprovação do Decreto-Lei n.º 488/85, de 25 de Novembro, que estabelece uma linha de actuação base em termos de gestão de resíduos, baseada na recolha, armazenagem, transporte e eliminação ou utilização dos resíduos.

De acordo com Antas (1987) a aprovação deste decreto constituiu um passo fundamental na política de gestão de resíduos em Portugal, pois pela primeira vez foram definidas de forma clara as competências e as responsabilidades no domínio dos resíduos, quer a nível central, quer a nível local.

Desde 1985, até à data, o regime jurídico de gestão de resíduos foi sido sucessivamente alterado, em consequência da sua adaptação à evolução do direito comunitário, nomeadamente às alterações que se foram verificando da Directiva n.º 75/442/CEE, do Conselho, de 15 de Julho. Actualmente, o regime geral da gestão de resíduos em vigor encontra-se estipulado no Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, que transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 2006/12/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Abril, e a Directiva n.º 91/689/CEE, do Conselho, de 12 de Dezembro. Este Decreto-Lei aplica-se a todas as operações de gestão de resíduos (*i.e.* recolha, transporte, armazenagem, triagem, tratamento,

valorização e eliminação de resíduos), bem como às operações de descontaminação de solos e à monitorização dos locais de deposição após o encerramento das respectivas instalações.

A deposição de resíduos em aterros, por constituir uma particular operação de gestão de resíduos, onde as considerações de natureza ambiental se colocam com particular acuidade, levou a Comunidade Europeia a desenvolver e publicar uma Directiva específica para a deposição dos resíduos em aterros, a Directiva n.º 1999/31/CE, do Conselho, de 26 de Abril, a qual se encontra transposta para ordenamento jurídico interno pelo Decreto-Lei n.º 152/2002, de 23 de Maio. De acordo com o ponto 1 do seu Artigo 1.º, este Decreto-lei visa "(…) regular a instalação, a exploração, o encerramento e a manutenção pós-encerramento de aterros destinados a resíduos, por forma a evitar ou a reduzir tanto quanto possível os efeitos negativos sobre o ambiente, quer à escala local, em especial a poluição das águas de superfície, das águas subterrâneas, do solo e da atmosfera, quer à escala global, em particular o efeito de estufa, bem como quaisquer riscos para a saúde humana.". É ainda referido, no ponto 2 do Artigo 1.º, que este diploma "(…) estabelece as características técnicas específicas para cada classe de aterros e os requisitos gerais que deverão ser observados na sua concepção, construção, exploração, encerramento e manutenção pós-encerramento".

A Directiva Aterro introduziu metas, para 2006, 2009 e 2016, com vista à redução para 75%, 50% e 35%, respectivamente, da quantidade total de resíduos urbanos biodegradáveis (RUB) depositados em aterro em 1995, o ano de referência. Sendo os RUB os responsáveis pela produção de biogás e pelas elevadas cargas orgânicas dos lixiviados, estas imposições enquadram-se, e tentam integrar, os objectivos de outras políticas ambientais, nomeadamente as relativas às alterações climáticas, à conservação dos recursos e dos solos. A médio e longo prazo terão consequências para o tratamento dos lixiviados pois, sendo cada vez menor a quantidade de RUB depositados em aterro, menor será a carga orgânica dos lixiviados e, consequentemente, mais fácil e económico será o seu tratamento.

No que concerne ao âmbito específico desta dissertação, o tratamento de lixiviados de aterros sanitários, para além do Decreto-Lei n.º 152/2002, de 23 de Maio, que estabelece medidas específicas para o controlo e monitorização dos lixiviados, interessa também referir o Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto, que estabelece "(…) normas, critérios e objectivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos (…)". As disposições presentes no ponto 2 do seu Artigo 63.º aplicam-se "(...) à descarga de águas residuais em águas superficiais e do litoral, em águas territoriais, em águas subterrâneas e no solo, assim como à descarga em colectores, quando tal seja expressamente referido". Inclui ainda, no ponto 3 do mesmo Artigo "(…) as normas de descarga das águas residuais na água e no solo, visando a promoção da qualidade do meio aquático e a protecção da

saúde pública e dos solos (...)", que constam no ANEXO XVIII do mesmo diploma, onde se estabelecem os Valores Limite de Emissão (VLE)[8].

2.1.2 Aterro Sanitário: Princípios e Conceitos Básicos

De acordo com o Decreto-Lei n.° 152/2002, de 23 de Maio, o aterro é definido como uma instalação de eliminação[9] para a deposição de resíduos acima ou abaixo da superfície natural.

Um aterro sanitário (AS) é uma componente necessária em qualquer sistema de gestão de RSU. É uma obra de engenharia, seleccionada, desenhada e gerida por forma a atingir os seguintes objectivos fundamentais (Martinho e Gonçalves, 2000):

- redução a níveis mínimos dos incómodos e dos riscos para a saúde pública (dos trabalhadores e da população residente na zona envolvente), provocados por cheiros, fogos, tráfego, barulho, vectores de doença, estética, entre outros;
- minimização dos problemas de poluição da água, do ar, do solo, da paisagem;
- utilização completa do terreno disponível, através duma boa compactação;
- gestão do empreendimento orientada para a futura utilização do local;
- redução dos níveis de percepção de riscos.

O conceito de aterro sanitário, como um método de deposição final para os RSU, está a alterar-se, já não é encarado como um simples "buraco" no qual os materiais são depositados e do qual nunca mais saem. Pode ser considerado um sistema de tratamento, onde os resíduos e a energia necessária ao desenvolvimento do processo constituem os seus *inputs*. O processo em si envolve a decomposição de parte dos resíduos orgânicos. Os *outputs* do processo são os resíduos finais estabilizados, os gases (biogás) e os produtos líquidos (águas lixiviantes) resultantes da decomposição (Figura 2.1). Como em qualquer outro processo, a eficiência, a quantidade e qualidade dos produtos finais dependem dos *inputs*, e da forma como o processo decorre e é controlado (White *et al.*, 1995).

O aterro também pode ser considerado um processo de valorização se o biogás for recolhido e aproveitado para fins energéticos (produção de calor ou energia) e/ou quando contribuiu para a recuperação de áreas degradadas, por exemplo, antigas pedreiras ou explorações mineiras (Martinho e Gonçalves, 2000).

---

[8] Valor Limite de Emissão (VLE) – Segundo a Alínea 58) do Artigo 3.° do Decreto-Lei 236/98, de 1 de Agosto, é a "(...) massa, expressa em unidades específicas para cada parâmetro, a concentração ou o nível de uma emissão de determinada substância que não deve ser excedido durante um ou mais períodos determinados de tempo por uma instalação na descarga no meio aquático e no solo. Os VLE podem igualmente ser fixados para determinados grupos, famílias ou categorias de substâncias, designadamente os referidos no anexo XIX. A quantidade máxima pode ser expressa, ainda, em unidade de massa do poluente por unidade do elemento característico da actividade poluente (por exemplo, por unidade de massa de matéria-prima ou por unidade de produto)."

[9] Eliminação: Operações que visem dar um destino final adequado aos resíduos (definição segundo o D.L. n.º 178/2006, de 5 de Setembro).

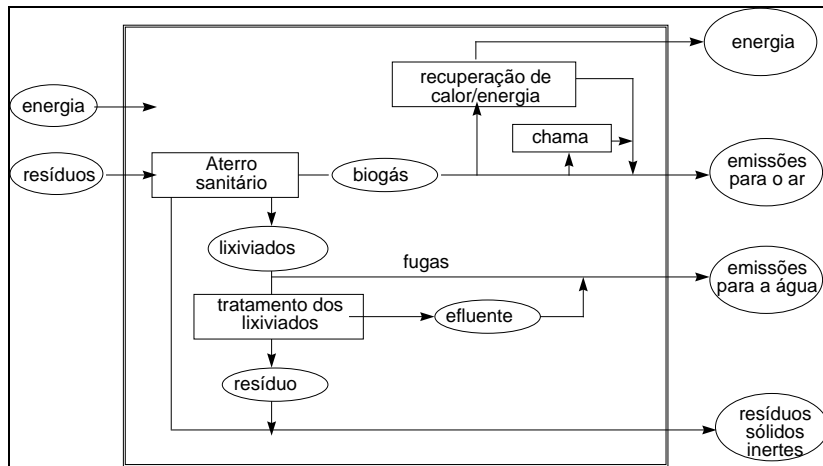



Figura 2.1. *Inputs* e *outputs* num aterro sanitário (adaptado de White *et al.*, 1995).

Na Figura 2.1. apresenta-se a anatomia dum AS, onde se encontram representados as vários elementos e fases de operação, encerramento e pós-encerramento.

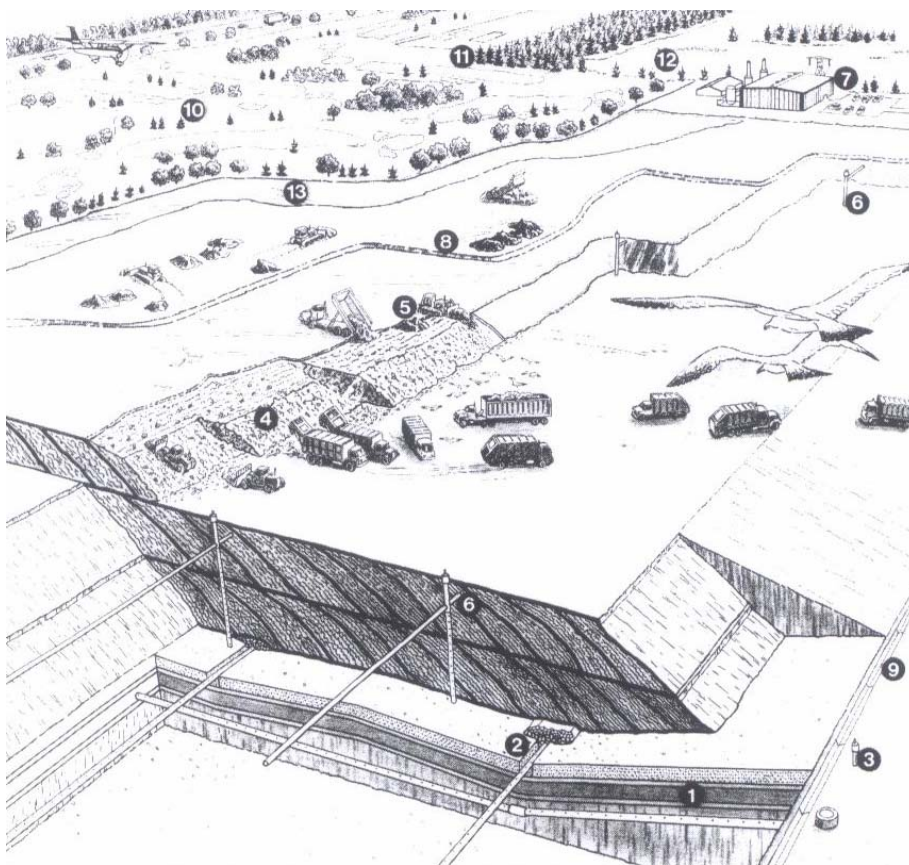



Figura 2.2. Anatomia de um aterro sanitário (Rathje, 1991 *fide* Martinho e Gonçalves, 2000).

De um modo geral, um aterro sanitário, para que possa ser classificado como tal, deverá obedecer às seguintes regras básicas (Martinho e Gonçalves, 2000; Levy e Cabeças, 2006):

- possuir instalações de apoio apropriadas;
- boa organização diária na deposição dos resíduos;
- compactação dos resíduos através de equipamento mecânico;
- existência de material adequado para a cobertura diária dos resíduos e para a selagem final;
- leito impermeabilizado;
- sistema de drenagem de águas lixiviantes;
- sistema de drenagem de biogás;
- selagem controlada;
- boa integração biofísica e paisagística.

Para dar resposta às exigências de total segurança ambiental, um aterro tem de contemplar, desde a fase de arranque e ao longo da sua evolução, um conjunto de orgãos e sistemas de protecção e tratamento. Deste modo, e considerando os aterros sanitários de um modo geral, este terá que contemplar os seguintes elementos (Levy e Cabeças, 2006):

- um sistema periférico de valetas, para desvio de águas pluviais para fora da área de intervenção e das frentes de trabalho;

- um sistema de impermeabilização em todo o solo de fundação (Figura 2.3.) e taludes (Figura 2.4.), com tela de PEAD (polietileno de alta densidade) protegida inferior e superiormente com geotêxtil não tecido;

- uma camada drenante sobre o sistema de impermeabilização, com um mínimo de 0.5 m de espessura;

- um sistema de drenagem de fundo com valas (principais e secundárias), que possuindo colectores (perfurados a meia-cana e/ou de secção cheia) possam de forma estratégica captar e drenar todas as escorrências líquidas para um poço de captação e derivação;

- um sistema de recepção que permita concentrar e acumular todos os efluentes residuais líquidos (águas lixiviantes) drenados;

- um sistema de tratamento dos efluentes residuais líquidos captados, que permita a saída destes para o meio receptor natural em condições admissíveis;

- um sistema de drenagem de biogás em tubagem de PEAD ranhurada a 360°, que associada à introdução de "estrelas" (tubagem em PEAD colocada transversalmente à tubagem vertical do dreno, por cada estrato de 3.0 m de altura), permita a saída franca para o exterior destes efluentes gasosos; neste sistema, após a selagem do aterro sanitário, introduzem-se no topo destes as designadas "cabeças de drenos" de onde emerge uma

tubagem em PVC que permite conduzir todo o biogás captado para:

- uma unidade de queima do biogás;

- ou para um sistema de aproveitamento de energia.

No que respeita aos lixiviados, o sistema de impermeabilização e drenagem são fundamentais. De acordo com o Decreto-Lei nº 152/2002, de 23 de Maio, o sistema de impermeabilização basal de um aterro sanitário, deverá ser constituído por uma barreira passiva e uma barreira activa, no sentido ascendente (Figura 2.3. e Figura 2.4.).

A barreira passiva é composta por barreira geológica de 0,5 m de espessura, constituída por solo natural ou aterro compactado, e com uma permeabilidade de $K = 10^{-9}$ m/s (Levy e Cabeças, 2006).

De acordo com os mesmos autores, a barreira activa deverá ser composta por:

- Geocompósito bentonítico, agulhado, composto por uma camada de bentonite com uma massa por unidade de área mínima de 5500 g/m^2 e uma permeabilidade de $K = 10^{-11}$ m/s;

- Geomembrana de polietileno de alta densidade (PEAD) com uma espessura obrigatória de 2 mm;

- Geotêxtil não-tecido, o qual deve ser prolongado pelo talude até assegurar uma sobreposição mínima de 0,5 m e que desempenha as funções de protecção mecânica da geomembrana;

- Camada drenante de 0,5 m de espessura, sendo 0,2 m ocupado por areia (granulometria fina a média), junto ao geotêxtil e 0,3 m por material britado e $K= 10^{-4}$ m/s;

- Geotêxtil não-tecido com funções de separação.

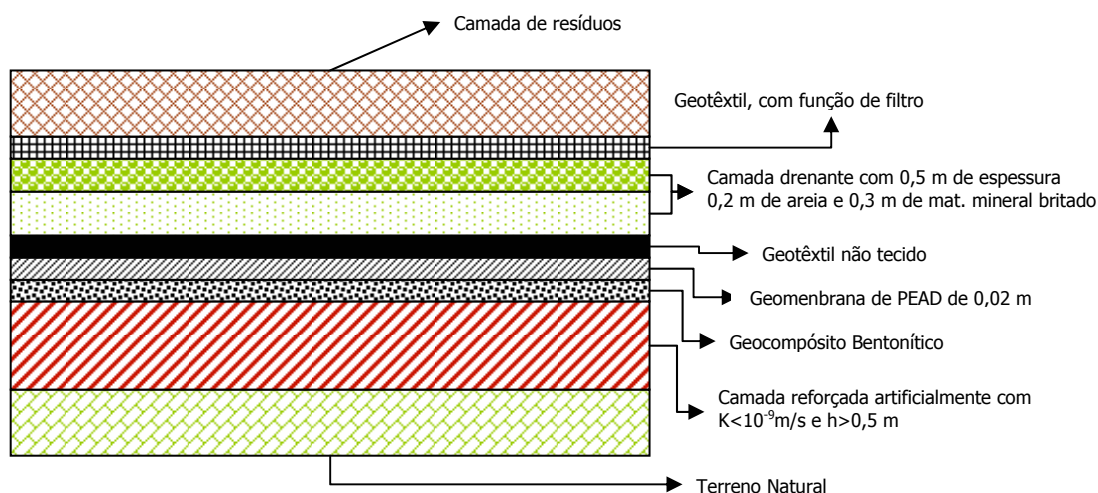



Figura 2.3. Pormenor do sistema de impermeabilização da zona basal do aterro sanitário (adaptado de Levy e Cabeças, 2006).

Os taludes do aterro apresentam também um sistema de impermeabilização constituído por uma barreira passiva e uma activa (Figura 2.4.). Neste caso, a barreira passiva é composta por barreira geológica de 0,5 m de espessura, constituída por solo natural ou aterro compactado, e com uma permeabilidade de $K = 10^{-9}$ m/s. A barreira activa é composta por (Levy e Cabeças, 2006):

- Geocompósito bentonítico, constituído por uma camada de bentonite protegida em ambas as faces por geotêxtil agulhado e saturado, com uma massa por unidade de área mínima de 5500 g/m^2 e uma permeabilidade de $K = 10^{-11}$ m/s;
- Geomembrana de 2 mm em PEAD;
- Geotêxtil não-tecido, com funções de resistência mecânica;
- Geocompósito drenante com face superior revestida de geotêxtil não-tecido, de cor preta, com resistência aos raios ultravioleta.

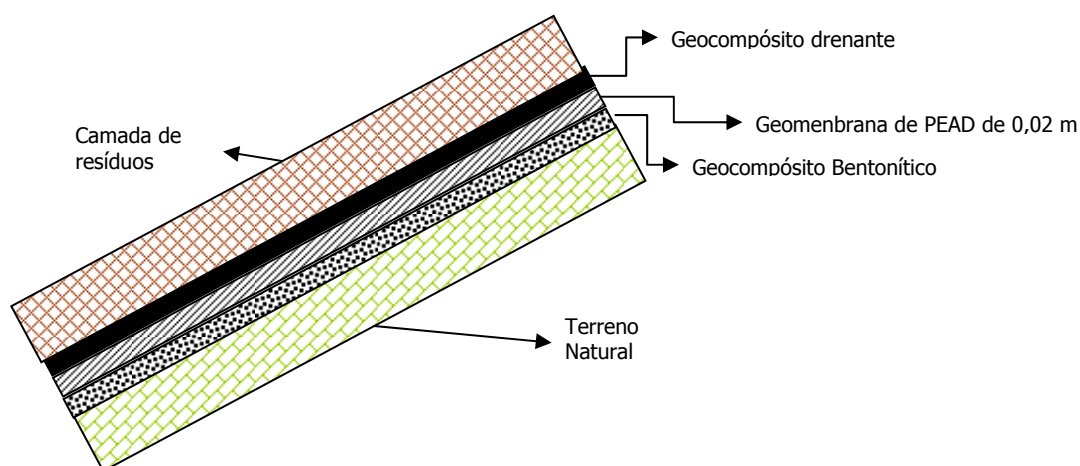



Figura 2.4. Pormenor do sistema de impermeabilização dos taludes de um aterro sanitário (adaptado de Levy e Cabeças, 2006).

O sistema de captação e drenagem de águas lixiviantes permite evitar a acumulação de lixiviados no fundo do aterro e, consequente, a pressão sobre a camada impermeabilizante, encaminhando-os para o sistema de tratamento.

As águas lixiviantes são compostas pelos líquidos produzidos pela decomposição dos resíduos e pelos líquidos que entraram no aterro oriundos de fontes externas, das quais se salientam as águas pluviais. Na generalidade, verifica-se que a quantidade de líquidos lixiviantes é função directa da quantidade de água exterior que entra no aterro.

Estas águas podem ser responsáveis pela poluição dos lençóis freáticos e do solo, pelo que devem ser tomadas medidas que minimizem a sua produção e soluções que impeçam a sua infiltração e percolação através do solo da fundação e taludes, bem como proceder a uma

adequada cocontenção, captação, e drenagem para posterior tratamento. Deve ser assegurado um rápido escoamento destas águas, de forma a impedir a sua acumulação prolongada no volume de resíduos, diminuindo assim o risco de infiltração na base do aterro e consequente contaminação das águas subterrâneas.

Para que a drenagem seja eficiente, o caudal de lixiviados em cada alvéolo deverá ser encaminhado para um poço de junção, de onde será posteriormente conduzido para tratamento. A rápida e eficiente drenagem dá-se devido à modelação basal do terreno, com inclinações longitudinais e transversais mínimas de 2% (valor mínimo obrigatório exigido no Decreto-Lei n.º 152/2002, de 23 de Maio).

Os lixiviados, captados por um sistema de intercepção modelado em "telhado invertido, em "espinha" com desenvolvimento lateral ou central, ou em "espinha" com desenvolvimento central e níveis complementares em altura, são encaminhados para as valas de drenagem através da camada drenante. A recolha nas valas far-se-á em colectores de PEAD, perfurados a meia cana (Figura 2.5.).

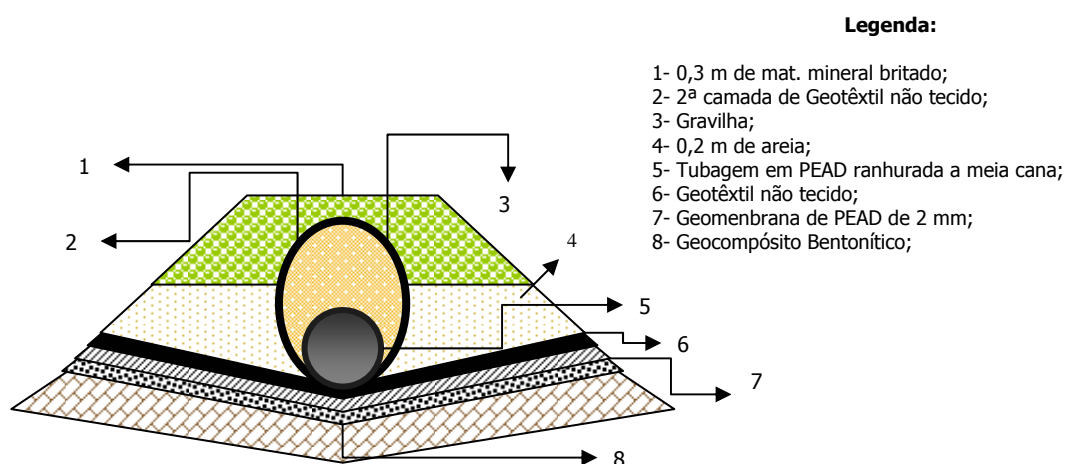



Figura 2.5. Sistema de drenagem de águas lixiviantes – pormenor (adapatdo de Levy e Cabeças, 2006).

As valas de drenagem desenvolvem-se em todo o terreno para garantir o encaminhamento do caudal captado para poços de junção, sendo depois encaminhado para um poço de junção final. Neste poço de junção final são colectadas todas as águas lixiviantes, que são posteriormente encaminhadas para uma lagoa de regularização/homogeneização.

As águas residuais provenientes das infra-estruturas e instalações de apoio ao aterro, como sejam, unidade de triagem, unidade de enfardamento, lavagem de equipamento mecânico e de rodados e dos sanitários deverão, à semelhança dos lixiviados, ser encaminhados para a ETAL.

A implantação de um sistema de drenagem de águas pluviais destina-se a assegurar a recolha e o transporte das águas resultantes da precipitação, de modo a evitar a sua acumulação na superfície do aterro e consequente infiltração nas massas de resíduos.

Se as águas pluviais forem captadas e drenadas não entram em contacto com os resíduos, pelo que não ficam contaminadas, podendo ser descarregadas no meio natural, prática fortemente aconselhada a fim minimizar os caudais de lixiviados a entrar na estação de tratamento de lixiviados.

De forma a evitar as escorrências provenientes das zonas adjacentes do aterro, deve proceder-se à execução de valas corta-águas na crista dos taludes, ao longo de toda a periferia do aterro, com um inclinação mínima de 1,5%.

A drenagem de àguas pluviais ocorridas sobre a área impermeabilizada do aterro enquanto não ocupada por resíduos, durante a fase de enchimento dos restantes alvéolos, deve ser efectuada por drenos paralelos aos drenos de intercepção dos lixiviados, sendo posteriormente interceptados e encaminhados para o meio receptor.

2.1.3 Principais Impactes da Deposição de Resíduos em Aterros e Respectivas Medidas Mitigadoras

Os impactes ambientais de um aterro sanitário dependem de um conjunto muito diversificado de variáveis, umas relacionadas com os factores ambientais onde o aterro está inserido (*i.e.* precipitação, topografia, hidrologia, entre outros), outros com as características de concepção e do método de operação do aterro, bem como do tipo e quantidades de resíduos depositados.

No Quadro 2.1. listam-se as principais áreas afectadas, os efeitos possíveis, as origens e as medidas minimizadoras normalmente aplicadas para fazer face a esses impactes.

Um dos principais problemas causados pela deposição dos resíduos em aterro é precisamente a formação de águas lixiviantes, as quais arrastam consigo produtos em decomposição e substâncias quimicamente activas que podem atingir um curso de água ou lençol freático e, consequentemente, causar graves problemas de poluição do solo, águas, se o aterro não estiver perfeitamente impermeabilizado (fundo e taludes laterais) e se não existir um sistema de drenagem e captação das águas lixiviantes (Martinho, 2006).

Quadro 2.1. Impactes previstos devido à implantação de um aterro sanitário e principais medidas minimizadoras (Martinho, 2006).

ÁREA AFECTADA	EFEITOS	ORIGEM	OBSERVAÇÕES / MEDIDAS MINIMIZADORAS
1. Poluição da água 1.1. Poluição de águas superficiais 1.2. Poluição de águas subterrâneas	• contaminação das linhas de água • contaminação do lençol freático por infiltração das águas lixiviantes • diminuição da qualidade de eventuais captações de água existentes (poços, furos) podendo mesmo chegar-se à situação de as abandonar	• escorrência superficial sobre os resíduos • a precipitação caída sobre o AS infiltra-se, indo carregar-se quimicamente à medida que contacta com os resíduos (vai recolhendo matéria sólida dissolvida e em suspensão, bem como produtos residuais microbianos, formando uma solução). Conjuntamente com as águas resultantes da decomposição dos resíduos, formam-se as águas lixiviantes. A composição química das águas depende, fundamentalmente, da composição dos resíduos depositados, das actividades de decomposição existentes, da taxa de percolação e da idade do enchimento do aterro.	• quando a permeabilidade da base de implantação do aterro for elevada e/ou o nível freático se situar a uma profundidade de 2-3 m, torna-se obrigatório proceder à impermeabilização do terreno, recorrendo a materiais adequados. Esta situação pode verificar-se, quer pela natureza do solo ser desfavorável (*e.g.* possuir uma textura grosseira ou média), quer pela geologia da zona permitir continuidade hidráulica (*e.g.* existência de fendas); • realização de sistemas de drenagem de águas lixiviantes, por forma a assegurar: - o escoamento rápido e controlado das mesmas, impedindo a sua acumulação prolongada nos resíduos; - a diminuição da formação de superfícies "enlameadas" na zona de trabalho, o que dificulta a circulação das viaturas e máquinas e as operações de deposição e compactação dos resíduos; • tratamento das águas lixiviantes, após a sua drenagem e captação, no aterro ou enviando-as para uma cabeceira de águas residuais para tratamento posterior numa ETAR; • implantação de sistema de drenagem de águas pluviais por forma a evitar que a escorrência destas, advindas de terrenos circundantes ao aterro, venham a aumentar o caudal de águas lixiviantes; • implantação de sistemas de drenagem de águas superficiais depois da selagem dum aterro, que as conduzirá a um ponto de junção, de um modo controlado; • a compactação e cobertura diária dos resíduos, diminundoi a infiltração de águas pluviais.
2. Poluição do solo	• ocorre na camada de solo em contacto com os resíduos (fundo e taludes). Poderá levantar sérios problemas de saúde pública, contudo trata-se de uma pequena área contaminada e controlada.	• poluição de origem química • poluição biológica por microorganismos patogénicos	• construção do aterro longe de terrenos agrícolas • implantação do AS afastado de povoações.
3. Poluição atmosférica 3.1. Poeiras 3.2. Libertação de gases	• as poeiras podem funcionar como veículo de transporte de vectores de doenças; • as poeiras e gases podem originar situações de toxicidade e irritação das mucosas; • odores desagradáveis; • corrosão de materiais; • perigo de explosão quando o CH_4 se mistura com o ar numa proporção de 5-15%; • contribuição para o efeito de estufa.	• movimentação de terras e resíduos durante as fases de construção e exploração do AS; • cerca de 90% dos gases libertados na degradação biológica são CH_4 e CO_2. Verifica-se ainda a libertação de, entre outros, CO, N_2, SH_2, H_2 e O_2. Esta libertação ocorre desde a fase de exploração até vários anos após a selagem do aterro; • os odores desagradáveis têm origem na degradação anaeróbia da matéria orgânica; • a acção do vento e/ou aves podem transportar resíduos contaminados para as áreas envolventes do aterro.	• isolamento do aterro através de cortina arbórea. Esta funcionará como filtro à passagem de poeiras e de barreira à difusão de gases; • construção de chaminés de drenagem de gases, especialmente CH_4; • estudar cuidadosamente as possibilidades de evacuação de CH_4 através de locais indesejáveis; • cobertura diária dos resíduos que minimizará os odores desagradáveis. Se se verificar abertura de fendas nas terras de cobertura, proceder a reparação imediata; • se existir uma boa integração entre os sistemas de recolha/transporte e deposição dos resíduos no aterro, evitar-se-á a acumulação dos mesmos antes de serem compactados, com a consequente exalação de maus cheiros e possibilidade do vento proceder ao seu espalhamento. Para reduzir este último risco pode recorrer-se a uma vedação/protecção movível que se coloque na frente de trabalho.
4. Poluição sonora	• incómodo, podendo levar à diminuição do rendimento de trabalho.	• durante as fases de construção e exploração do aterro, devido essencialmente ao funcionamento das viaturas e máquinas (tractores e compactadoras).	• instalação de cortina arbórea (apesar de não diminuir muito o ruído actua psicologicamente).
5. Saúde pública	• Patologias; • Acidentes.	• o aterro é um local atractivo para cães, gatos e outros animais vadios, bem como para aves (e.g. gaivotas), em busca de alimento; • local onde se podem desenvolver ratos, insectos, que podem funcionar como vectores de doenças; • existência de "catadores de lixo".	• isolamento eficiente do aterro, através de uma vedação em todo o seu perímetro, que funcione como obstáculo à entrada quer de animais vadios, quer de catadores ou executantes de descargas clandestinas; • a cobertura com terra dos resíduos evita: - a presença de animais à procura de alimento - a proliferação de vectores; - a presença de catadores; - focos de incêndio.
7. Paisagem	• aspectos inestéticos e desagradáveis à vista.	• operações decorrentes da construção do aterro; •operações decorrentes da exploração do aterro.	• cortina arbórea envolvendo toda a área do aterro; • a cobertura diária dos resíduos evita que se verifique o seu espalhamento por acção do vento; • à medida que os estratos de enchimento vão sendo preenchidos, bem como o talude terminado, deve proceder-se à plantação de vegetação, que tornará o local mais estético, para além de fazer protecção contra a erosão; • depois da selagem do aterro, implantar cobertura vegetal integrada com a da zona.

2.2 Situação Nacional e Europeia em Matéria de Deposição de Resíduos em Aterro

Em Portugal, e até finais da década de 90 do Século XX, a maior parte dos resíduos eram depositados em lixeiras a céu aberto, na maior parte das situações encontravam-se frequentemente em combustão, contaminando o ar, solos, águas superficiais e subterrâneas e provocando incómodos e riscos para a saúde das populações envolventes.

Num relatório da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE), de 1993, é referido que em Portugal, em 1988, os resíduos eram depositados em 400 vazadouros não controlados (*i.e.* lixeiras) e em 27 vazadouros controlados, para onde eram encaminhados cerca de 28% dos resíduos produzidos (OCDE, 2000). Pássaro (2002) considera que o diagnóstico realizado à situação Portuguesa pela OCDE "envergonhou" o país e mostrou a necessidade de investimento nesta área.

Com a aprovação do Decreto-Lei n.º 379/93, de 5 de Novembro, que veio permitir o acesso de capitais privados às actividades de recolha, tratamento e rejeição de efluentes e de recolha e tratamento de RSU, deu-se um passo muito importante para o sector da gestão de resíduos. A constituição e organização do país em sistemas multimunicipais, intermunicipais e municipais, permitiu o acesso a financiamento e a construção de infra-estruturas, que de outro modo não seria possível, por razões de escala.

A aprovação do primeiro Plano Estratégico de Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU I), publicado em 1997, ao consagrar nas suas linhas estratégicas prioritárias a erradicação total das 341 lixeiras existentes em 1995, incentivou a construção de infra-estruturas que permitissem um destino final adequado para os RSU. Como consequência, e à medida que as lixeiras iam sendo encerradas, em sua substituição começaram operar aterros sanitários um pouco por todo o país.

Na Figura 2.6. apresenta-se a evolução que no espaço de uma década, entre 1996 e 2005, se verificou em relação ao número de aterros e lixeiras existentes em Portugal Continental. Em 2005, foram depositados em aterro sanitário cerca de 63% dos RSU produzidos, ou seja, cerca de 3.081.000 toneladas de RSU (MAOTDR, 2007).

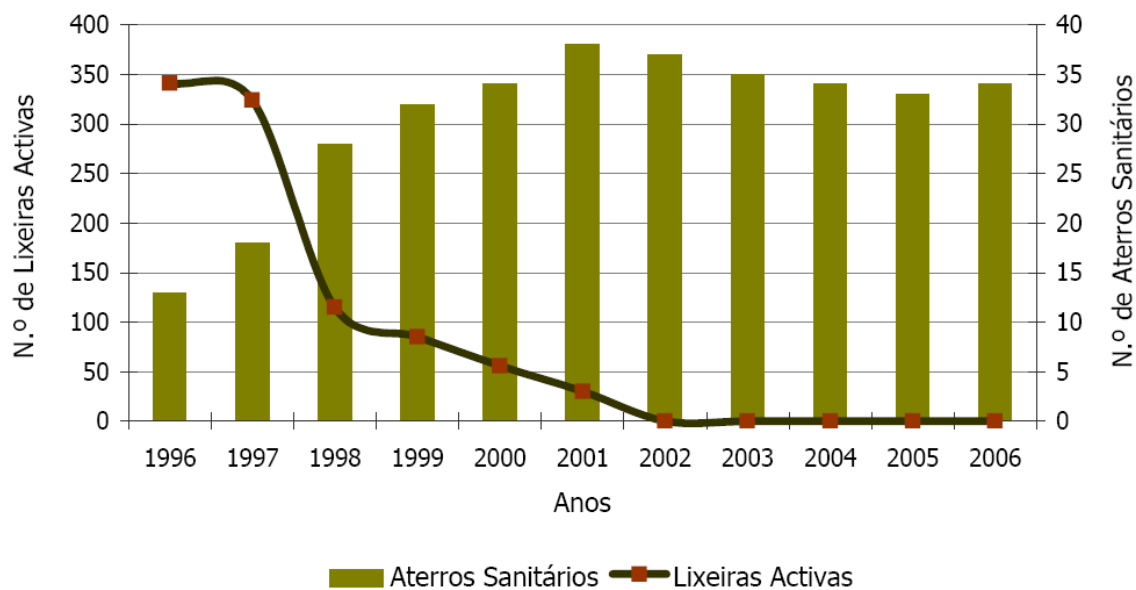



Figura 2.6. Evolução do número de aterros sanitários e de lixeiras entre 1996 e 2006 (adaptado de MAOTDR, 2007; INR, 2006).

Apesar do mérito do PERSU I como percursor fundamental na organização do sector nacional dos RSU, destacam-se ainda alguns aspectos que permaneceram aquém dos objectivos definidos. Para a produção de resíduos foram estabelecidas metas para a sua redução, para 2000 e 2005, de 2,5% entre 1995 e 2000, e de 5% entre 2000 e 2005, esperando-se um abrandamento do ritmo de crescimento global da produção de RSU. No entanto, Portugal Continental verificou um aumento gradual desde 1995, tanto ao nível da produção de RSU como da capitação diária (Figura 2.7.), atingindo cerca de 4,5 milhões toneladas, correspondente a cerca de 1,24 kg por habitante e por dia (MAOTDR, 2007).

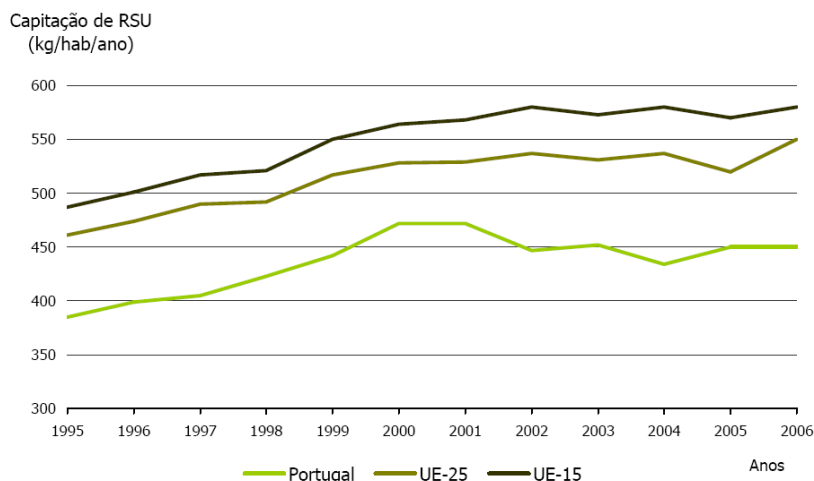



Figura 2.7. Capitação de RSU em Portugal e na União Europeia (UE, 2006 e OCDE, 2006).

Por outro lado, as metas de reciclagem e valorização definidas também para os anos 2000 e 2005 (Quadro 1.1.) não foram alcançadas na sua totalidade, como demonstra a Figura 2.8.

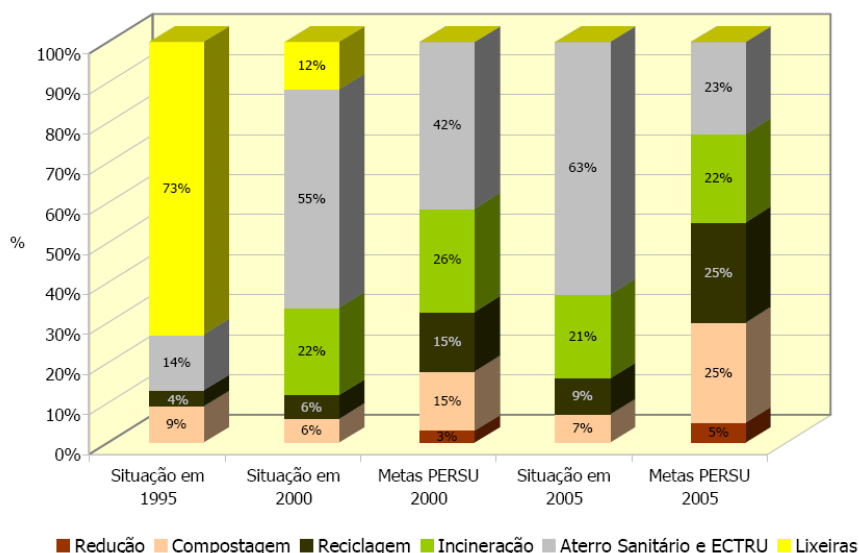



Figura 2.8. Comparação das metas definidas no PERSU I (2000 e 2005) e a situação verificada em 1995[10], 2000 e 2005 (adaptado de Lobato Faria *et al.*, 1997; MAOTDR, 2007).

Apesar de todos os esforços dispendidos a nível comunitário, a deposição em aterro continua a ser a opção predominante de tratamento de resíduos a nível europeu. Em 2004, cerca de 45% dos RSU da UE foram depositados em aterro, ao passo que cerca de 18% foram encaminhados para incineração (EEA, 2007).

No entanto, e como se pode confirmar pela Figura 2.9., existem diferenças significativas entre os vários países. Alguns, como a Holanda, a Dinamarca, a Suécia, a Bélgica e a Alemanha, já tinham atingido em 2003 a meta de RUB a depositar em aterro prevista pela Directiva para o ano de 2016, a França já tinha atingido as metas para 2009, enquanto que a Itália e a Finlândia já tinham atingido as metas para 2006. A Grécia, a Grã-Bretanha e os dez países da Europa de Leste, que entraram para UE em 2006, têm uma derrogação de 4 anos para o cumprimento das metas da Directiva Aterro. Em 2003, Portugal encontrava-se no grupo de países que ainda não tinha cumprido qualquer uma das metas (EEA, 2007).

No que concerne à evolução dos modelos de gestão de RSU é de assinalar que à data da publicação do PERSU I o número de sistemas era de 40, 11 multimunicipais e 29 municipais. Actualmente existem 29 Sistemas de Gestão de RSU em Portugal Continental (Figura 2.10.), dos quais 15 são Multimunicipais e 14 Intermunicipais.

Estes 29 sistemas exploram actualmente 33 aterros sanitários de RSU, os quais dão origem a quantidades significativas de águas lixiviantes.

[10] Ano da publicação da 2ª Lei Quadro dos Resíduos: Decreto-Lei n.º 310/95, de 20 de Novembro.

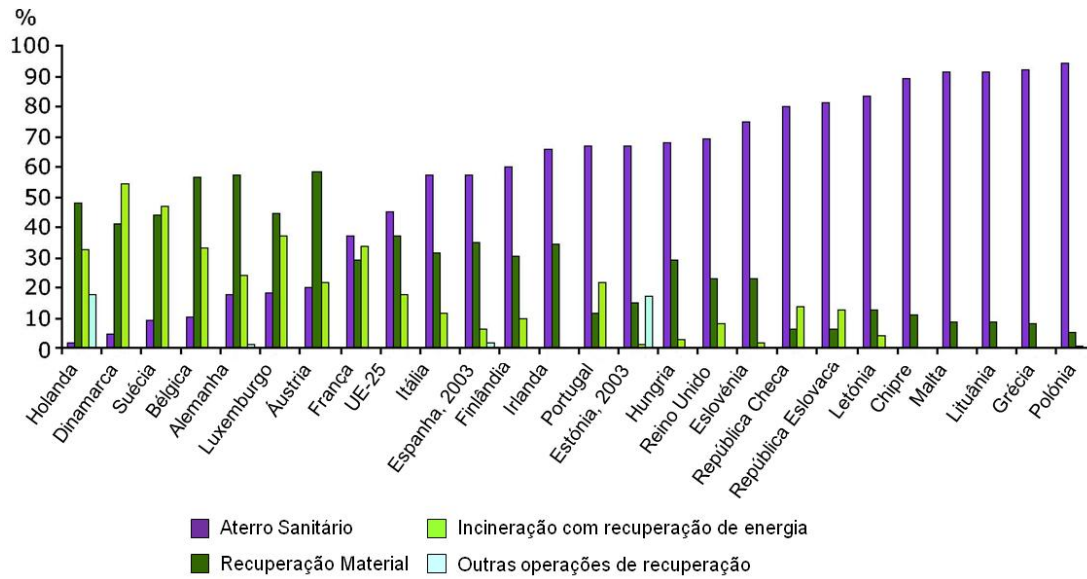



Figura 2.9. Opções de tratamento de resíduos na União Europeia em 2004 (EEA, 2007).

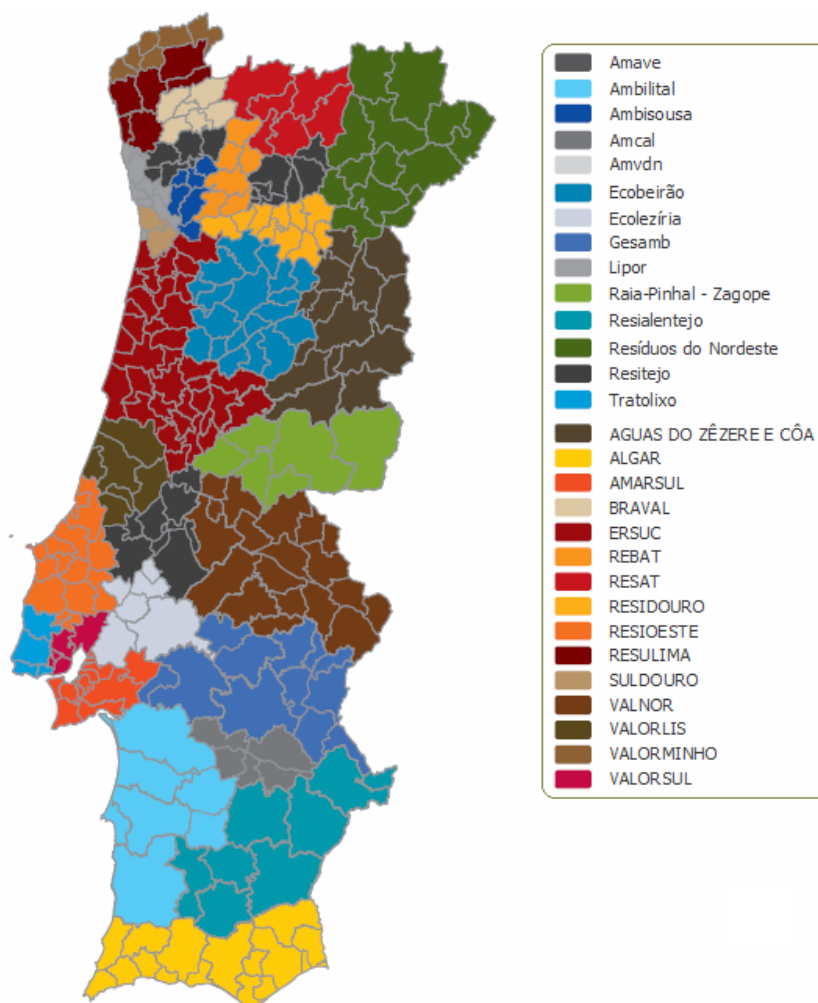



Figura 2.10. Sistemas de Gestão de RSU - Intermunicipais e MULTIMUNICIPAIS (adaptado de IRAR/MAOTDR, 2007).

2.3 GESTÃO DE LIXIVIADOS

A fase de planeamento e concepção de aterros sanitários deve atender a uma diversidade de factores e operações que têm lugar durante a fase de exploração e de pós-encerramento. Inúmeras alterações biológicas, físicas e químicas ocorrem simultaneamente na massa de resíduos quando estes são depositados em aterro (Qasim e Chiang, 1994).

Os lixiviados, ou águas lixiviantes, são o resultado da percolação da água pela massa de resíduos, com a extracção de materiais dissolvidos ou em suspensão. Na maioria dos aterros sanitários, os lixiviados são compostos não só pelas águas de origem externa, como as pluviais ou as de escoamento superficial, que se infiltram e perculam na massa de resíduos transportando os seus contaminantes, como também pelo teor em água contido nos resíduos dos resíduos e água que se liberta como consequência das reacções de decomposição dos mesmos (Tchobanoglous *et al*, 1993).

A produção de lixiviados em aterros sanitários de RSU é um problema de extrema importância no contexto ambiental dado que se tratam de águas residuais bastante carregadas, responsáveis pela maioria da contaminação das massas de águas subterrâneas e superficiais, e dos solos, subjacentes ao aterro. É por isso fundamental proceder à sua correcta captação, contenção e posterior tratamento e monitorização fim de evitar, e não contribuir, para a degradação destes recursos naturais (Faria, 2002).

A quantidade e qualidade dos lixiviados dependem de diversos factores, como a precipitação, a evaporação, a infiltração, o escoamento superficial e a composição dos resíduos (*i.e.* fracção orgânica, biodegradabilidade e dimensão dos resíduos), entre outros.

A fim de se estimar a quantidade de lixiviados produzidos recorre-se à realização de um balanço hídrico, em que se contabilizam os volumes de água entrados e saídos no sistema num determinado intervalo de tempo, neste caso, que entram na área do aterro e que contribuem, para a produção de lixiviados (Qasim e Chiang, 1994). Quaisquer que sejam os métodos para previsão da produção de lixiviado estes devem contemplar uma série de factores, como apresentado esquematicamente na Figura 2.11.

A quantidade de lixiviado produzido num determinado período de tempo (L) pode ser calculado de forma expedita através da seguinte expressão:

$L = P + R_{ON} + U - ET - R_{OFF}$, tal que:

L = Quantidade de Lixiviados produzido num determinado período de tempo (mm);
P = Precipitação acumulada (mm);
R_{ON} = Afluxo de água superficial (mm);
U = Afluxo de água superficial (mm),
ET = Evapotranspiração média (mm);
R_{OFF} = Afluxo de água superficial (mm).

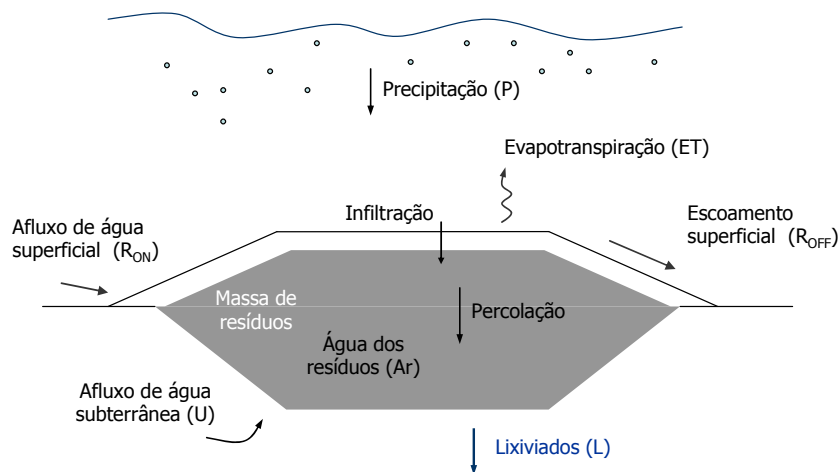



Figura 2.11. Balanço hídrico num aterro sanitário (adaptado de Martinho e Gonçalves, 2000).

Embora existam conceitos básicos para a caracterização matemática dos processos apresentados na Figura 2.11, vários níveis de sofisticação podem ser aplicados. De forma expedita, e na falta ou insuficiência de informação, admite-se uma produção de lixiviados correspondente a cerca de 30% da precipitação média anual (Levy e Cabeças, 2006). Num estudo que teve por base a análise a 20 aterros, estimou-se uma produção de lixiviados entre 15% e 50% da precipitação média anual, relacionando ainda a quantidade de lixiviados produzidos com a área de deposição de resíduos, entre 0-24 $m^3.ha.dia^{-1}$, o equivalente a 2,4 $mm.dia^{-1}$ ao longo de um ano (Ehrig, 1983).

Modelos mais sofisticados tem sido referenciados na literatura, como o "Water Balance Model (WBM)", proposto por Fenn *et al.* (1975), o "Hydrologic Simulation of Solid Waste Disposal Sites (HSSWDS) Model", desenvolvido por Perrier and Gibson (1981), e o popular "Hydrologic Evaluation of Landfill Performance (HELP) Model", desenvolvido por Schroeder (1983), sendo este último, provavelmente, o mais completo, e já com alguns *updates* (McBean *et al.*, 1995; Yuen *et al.*, 2001; Dho *et al.*, 2002).

Existem também formas de estimar a quantidade de lixiviado produzido em função da quantidade de resíduos depositados no aterro. O Institut för Energie-und Umweltforshung (IFEU) estimou, em 1992, para um aterro com uma média de 20 m de profundidade, uma densidade de 1ton/m^3, uma produção de 5 litros por tonelada de resíduos depositados por ano. Ao fim de um período de 30 anos, quantidade total de lixiviado produzido será de 150 litros por cada tonelada de resíduos depositados (McDougall *et al.,* 2001).

Para além da quantidade, também a qualidade dos lixiviados apresenta grande variabilidade de aterro para aterro, sendo fortemente dependente de diversos factores relacionados com a massa de resíduos depositada, com as condições que influenciam a sua degradação, a topografia e a cobertura do aterro, bem como com o tipo de concepção e operação do aterro, entre outros.

Os resíduos orgânicos decompõem-se por processos aeróbios e anaeróbios. Tal como nos sistemas de digestão anaeróbia, os aterros passam por uma fase inicial aeróbia, de duração relativamente curta. Posteriormente, a conversão e estabilização dos resíduos progride sequencialmente, passando pelas fases acetogénica, metanogénica transiente, metanogénica estável e maturação, de tal forma que as alterações que se verificam ao longo do tempo são reflectidas na qualidade das águas lixiviantes e do gás produzido (Bicudo, 1996; Christensen e Kjeldsen, 1989).

A decomposição completa dos resíduos pode durar dezenas de anos, incluindo os mais facilmente biodegradáveis, devido às condições prevalecentes nos aterros (*e.g.* pouca humidade, taxas de compactação muito elevadas), pelo que a produção de biogás e lixiviados se pode prolongar por muitos anos após o encerramento do aterro, motivo pelo qual a ETAL a implantar deverá contemplar também este factor temporal.

Deste modo, um conhecimento prévio da quantidade e qualidade dos lixiviados que vão ser produzidos, contribui para um correcto planeamento e concepção dos sistemas de captação, contenção e tratamento das águas lixiviantes. Não obstante, é fundamental que, na gestão e operação de um aterro, se promovam acções que contribuam para a minimização da quantidade de lixiviados produzidos e para a não degradação da sua qualidade, sempre na óptica de custo-eficácia, nas vertentes ambiental e económica (Lu *et al.*, 1985).

No Quadro 2.2. apresentam-se alguns valores típicos de lixiviados de aterros jovens (< 2 anos) e aterros antigos (> 10 anos).

O tipo de tratamento a dar aos lixiviados depende do tipo de descarga disponível, ou rede de drenagem municipal ou linha de água. Sempre que possível, os lixiviados deverão ser descarregados na rede de colectores municipais, após pré-tratamento, minimizando os custos associados a um tratamento mais afinado. Nessa impossibilidade, os lixiviados terão de ser totalmente tratados no local, e a qualidade do lixiviado tratado (efluente tratado) terá de garantir o cumprimento das normas de descarga estabelecidas na legislação vigente.

Embora seja impossível evitar a produção de lixiviados, já que é uma consequência inevitável da deposição de resíduos numa infra-estrutura aberta, é possível minimizar a sua produção, mesmo antes da fase de exploração do aterro.

Independentemente do tipo de descarga deverá sempre promover-se o desvio das águas pluviais do aterro, tanto através de um sistema de drenagem adequado, como através da redução da área exposta do aterro, a fim de evitar uma maior produção de lixiviados, com consequente acresço do custo do seu tratamento.

Quadro 2.2. Valores típicos da composição de lixiviados de aterros jovens e de aterros antigos.

Parâmetros	Fonte: Tchobanoglous *et al.*, 1993			Fonte: Levy e Cabeças, 2006	
	Aterro jovem (< 2 anos)		Aterro antigo (> 10 anos)	Aterro Sanitário	
	Intervalo de valores	Valores típicos	Intervalo de valores	Intervalo de valores	Valores típicos
pH	4,5 - 7,5	6	6,6 – 7,5	5,3 – 8,5	6
CBO_5 (mg/l)	2000 - 30000	10000	100 - 200	500 - 5000	2000
CQO (mg/l)	3000 – 60000	18000	100 - 500	2000 - 45000	10000
COT (mg/l)	1500 - 20000	6000	80 – 160	1300 - 20000	6000
SST (mg/l)	200 - 2000	500	100 - 400	200 - 1000	500
Azoto Orgânico (mg/l)	10 - 800	200	80 – 120	10 - 600	200
Azoto Amoniacal (mg/l)	10 - 800	200	20 – 40	300 - 3000	1500
Nitratos (mg/l)	5 - 40	25	5 – 10	5 - 40	25
Fósforo Total (mg/l)	1 - 100	30	5 – 10	1 - 70	30
Ortofosfatos (mg/l)	4 - 80	20	4 - 8	1 - 50	20
Alcalinidade em $CaCO_3$ (mg/l)	1000 - 10000	3000	200 – 1000	1000 - 10000	3000
Dureza Total em $CaCO_3$ (mg/l)	300 - 10000	3500	200 – 500	300 - 10000	3500
Cálcio (mg/l)	200 - 3000	1000	100 – 400	200 - 3000	1000
Magnésio (mg/l)	50 - 1500	250	50 – 200	50 - 1500	250
Potássio (mg/l)	200 - 1000	300	50 – 400	200 - 2000	300
Sódio (mg/l)	200 - 2500	500	100 – 200	200 - 2000	500
Cloretos (mg/l)	200 - 3000	500	100 – 400	100 - 3000	500
Sulfatos (mg/l)	50 - 1000	300	20 – 50	100 - 1500	300
Ferro Total (mg/l)	50 - 1200	60	20 - 200	50 - 600	60

No que respeita ao controlo da qualidade dos lixiviados produzidos deverá promover-se também o desvio da carga orgânica depositada em aterro, desvio dos RUB, por forma minimizar a consequente contaminação das águas lixiviantes (Levy e Cabeças, 2006).

Os sistemas de tratamento de lixiviados variam de aterro para aterro e estão na base das diversas formas gestão de lixiviados existentes que, por sua vez, deverão estar inseridas na estratégia de um sistemas integrado de RSU.

Para a escolha de qualquer sistema de tratamento de lixiviado deverá procurar-se recolher o maior número de informação possível sobre a qualidade e quantidade de lixiviado previsto, de forma a que se consiga, cada vez mais, aproximar as previsões à realidade.

2.4 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE LIXIVIADOS

2.1.4 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

A grande preocupação associada aos lixiviados prende-se essencialmente com a poluição dos meios hídricos e do solo envolvente, daí a necessidade de serem tratados convenientemente para que possam ser descarregados em linha de água, no solo ou numa rede colectora.

O Decreto-Lei n.º 152/2002, de 23 de Maio, relativo à deposição de resíduos em aterros, obriga, no seu Anexo IV, a processos de controlo e monitorização dos lixiviados, das águas subterrâneas, das águas superficiais e das bacias de lixiviados, quer na fase de exploração do aterro, quer na fase após encerramento, estão indicados.

No Quadro 2.3 apresentam-se os parâmetros que o operador está obrigado a medir e monitorizar, e respectivas frequências, relativos ao controlo dos lixiviados. É ainda referido no Decreto-Lei 152/2002, de 23 de Maio, que "(…) os lixiviados recolhidos deverão ter um tratamento e destino final adequado, de acordo com a legislação em vigor.", e ainda que "(…) as unidades de tratamento dos lixiviados deverão possuir os órgãos necessários para permitir a interrupção do seu funcionamento para manutenção e avarias. A capacidade destes órgãos deverá, cumulativamente, ser suficiente para absorver a afluência de lixiviados associada a condições pluviométricas excepcionais típicas do local em causa."

No caso dos aterros em exploração, e de acordo com o ponto 2.3 do Anexo IV, relativo às análises semestrais, é ainda referido que "(…) caso o valor de AOX dos lixiviados seja superior a 10 mg/l, deverá ser realizada uma análise no sentido de apurar a presença dos compostos orgânicos clorados definidos pela autoridade competente." E, no ponto 2.6 do mesmo Anexo, é dada a indicação da obrigatoriedade de se controlar quinzenalmente o nível dos lixiviados.

No caso dos aterros encerrados, e de acordo com a Parte II do Anexo IV do Decreto-Lei 152/2002, o controlo à qualidade dos lixiviados deverá ser realizado semestralmente e as análises a realizar são idênticas às indicadas no Quadro 2.3. Para estes aterros, o controlo do volume dos lixiviados gerados deverá ser realizado trimestralmente.

Quadro 2.3. Parâmetros de controlo e monitorização obrigatórios para os lixiviados de acordo com o Decreto-Lei n.° 152/2002, de 23 de Maio.

PARÂMETROS	ATERROS EM EXPLORAÇÃO			ATERROS ENCERRADOS
	mensal	trimestral	semestral	semestral
Volume dos lixiviados	X	X	X	x (trimestral)
pH	X	X	X	X
Condutividade	X	X	X	X
CQO	X	X	X	
Cloretos	X	X	X	X
Amónio	X	X	X	
Carbonatos/bicarbonatos		X	X	
Cianetos		X	X	X
Arsénio		X	X	X
Cádmio		X	X	X
Crómio total (caso de aplique Cr VI)		X	X	X
Mercúrio		X	X	X
Chumbo		X	X	X
Potássio		X	X	X
Índice de fenóis		X	X	X
Hidrocarbonetos totais			X	
Fluoretos			X	
COT			X	X
Nitratos			X	
Nitritos			X	
Sulfatos			X	
Sulfuretos			X	

PARÂMETROS	ATERROS EM EXPLORAÇÃO			ATERROS ENCERRADOS
	mensal	trimestral	semestral	semestral
Alumínio			X	
Bário			X	
Boro			X	
Cobre			X	
Ferro			X	
Manganésio			X	
Zinco			X	
Antimónio			X	X
Níquel			X	X
Selénio			X	X
Cálcio			X	
Magnésio			X	
Sódio			X	
AOX			x	
Nº total de parâmetros	**5**	**14**	**35**	**15**

Relativamente ao controlo das águas subterrâneas, referido o referido Decreto-Lei obriga a que antes da fase de exploração do aterro, o operador do aterro proceda "(…) à colheita de amostras e à análise dos piezómetros da rede de controlo e dos pontos de água subterrânea situados na área de influência potencial do aterro, devendo ser previsto no mínimo um ponto de monitorização a montante e dois a jusante". No caso dos aterros em exploração e aterros encerrados, os parâmetros a medir e a respectiva periodicidade são os que se indicam no Quadro 2.4. Se os valores do COT forem superiores a 15 mg/l, deverá ser realizada uma análise no sentido de apurar a presença de hidrocarbonetos.

Quadro 2.4. Parâmetros de controlo e monitorização obrigatórios para as águas subterrâneas de acordo com o Decreto-Lei n.º 152/2002, de 23 de Maio.

PARÂMETROS	ANTES DA ENTRADA EM EXPLORAÇÃO	ATERROS EM EXPLORAÇÃO			ATERROS ENCERRADOS	
	(valores de referência)	Mensal	Semestral	anual	trimestral	Anual
medição do nível piezométrico, em todos os piezómetros da rede de controlo			x		x	
pH	X	X	X	X	X	X
Condutividade	X	X	X	X	X	X
Cloretos	X	X	X	X	X	X
COT	X		X	X		X
Cianetos	X		X	X		X
Arsénio	X		X	X		X
Antimónio	X		X	X		X
Níquel	X		X	X		X
Selénio	X		X	X		X
Amónio	X			X		X
Carbonatos/bicarbonatos	X			X		X
Cádmio	X		X	X		X
Crómio total (caso de aplique Cr VI)	X		X	X		X
Mercúrio	X		X	X		X
Chumbo	X		X	X		X
Potássio	X		X	X		X
Índice de fenóis	X		X	X		X
Fluoretos	X			X		X
Nitratos	X			X		X
Nitritos	X			X		X
Sulfatos	X			X		X
Sulfuretos	X			X		X
Alumínio	X			X		X
Bário	X			X		X
Boro	X			X		X
Cobre	X			X		X
Ferro	X			X		X

Manganésio	X			X		X
Zinco	X			X		X
Cálcio	X			X		X
Magnésio	X			X		X
Sódio	X			X		X
AOX	X			X		X
Total de parâmetros a monitorizar	**33**	**3**	**15**	**33**		**33**

No caso de existirem águas superficiais nas proximidade do aterro, as medidas de controlo e monitorização a realizar são as que constam do ponto 4 do Anexo IV do mesmo Decreto. À semelhança das águas subterrâneas, antes do início das operações de exploração, o operador do aterro deverá proceder à recolha e análise de amostras no sentido de dispor de um valor de referência para futuras análises. O controlo das águas superficiais deverá ser efectuado, com periodicidade trimestral, em pelo menos dois pontos, um a montante e outro a jusante do aterro.

Relativamente às bacias de lixiviados, a legislação obriga o operador do aterro a medir semanalmente, e sempre após uma precipitação significativa, o caudal de entrada de lixiviados na bacia de lixiviados e controlar diariamente a capacidade disponível na bacia dos lixiviados.

Em qualquer dos casos, lixiviados, de águas subterrâneas ou superficiais, e tendo por base uma proposta fundamentada do operador, a autoridade competente poderá alterar a lista dos parâmetros a medir e sua frequência.

Para além dos aterros, as antigas lixeiras e vazadouros municipais já encerrados, também produzem lixiviados. No entanto, e relativamente a estas infra-estruturas, existe uma lacuna na legislação. Por um lado, com a constituição dos Sistemas Inter e Multimunicipais de Gestão de RSU (SMAUT) não ficou perfeitamente esclarecido a quem compete o controlo e monitorização das lixeiras. Por outro lado, o Decreto-Lei n.º 151/2002, de 23 de Maio, apenas se aplica a aterros, pelo que não existe a obrigatoriedade, nem a definição de parâmetros a medir para o caso dos lixiviados oriundos de lixeiras e vazadouros encerrados.

Relativamente ao descarga dos lixiviados, os lixiviados carecem de portaria própria no que diz respeito à sua descarga no meio hídrico, ao contrário do que acontece com a descarga de águas residuais urbanas, que deverão obedecer às disposições do Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de Junho.

A rejeição ou descarga das águas lixiviantes em meio aquático ou no solo é, portanto, abrangida pelo Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto, que estabelece as normas de descarga das águas residuais em águas superficiais e do litoral, em águas territoriais, em águas subterrâneas e no solo, bem como à descarga em colectores, visando a promoção a qualidade do meio aquático e a protecção da saúde pública e dos solos.

A descarga em colectores para posterior tratamento em ETAR obedece normalmente aos regulamentos municipais de descarga estabelecidos para recepção de águas residuais na rede de colectores, com acordo da entidade coordenadora de licenciamento (ECL), as Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR), não existindo um regulamento geral para todas as autarquias.

As normas de descarga impostas no Decreto-Lei n.º 236/98 incluem um conjunto de preceitos, onde se incluem os Valores Limite de Emissão (VLE), que deverão observar-se na descarga das águas residuais na água e no solo visando a sua protecção contra a poluição. No Quadro 2.5. apresentam-se os VLE aos quais este tipo de descargas deve dar cumprimento.

Quadro 2.5. Valores Limite de Emissão na descarga de águas residuais (Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto, ANEXO XVIII).

PARÂMETROS	EXPRESSÃO DOS RESULTADOS	VLE (1)
pH	Escala de Sorensen	6,9-9,0 (2)
Temperatura	ºC	Aumento de 3ºC (3)
CBO5, 20ºC	mg/l O_2	40
CQO	mg/l O_2	150
SST	mg/l	69
Alumínio	mg/l Al	10
Ferro Total	mg/l Fe	2
Manganês total	mg/l Mn	2
Cheiro	-	Não detectável na diluição 1:20
Cor	-	Não visível na diluição 1:20
Cloro Residual disponível		
Livre	mg/l Cl_2	0,5
Total	mg/l Cl_2	1,0
Fenóis	mg/l C_6H_5OH	0,5
Óleos e gorduras	mg/l	15
Sulfuretos	mg/l S	1
Sulfitos	mg/l SO_3	1
Sulfatos	mg/l SO_4	2000
Fósforo total	mg/l P	10 3 (em águas que alimentem lagoas ou albufeiras) 0,5 (em lagoas ou albufeiras)
Azoto Amoniacal	mg/l NH_4	10
Azoto Total	mg/l N	15
Nitratos	mg/l NO_3	50
Aldeídos	mg/l	1,0
Arsénio total	mg/l As	1,0
Chumbo total	mg/l Pb	1,0
Cádmio total	mg/l Cd	0,2
Crómio total	mg/l Cr	2,0
Crómio total	mg/l Cr (VI)	0,1
Cobre total	mg/l Cu	1
Níquel total	mg/l Ni	2
Mercúrio total	mg/l Hg	0,05
Cianetos totais	mg/l CN	0,5
Óleos minerais	mg/l	15
Detergentes (sulfato de lauril e sódio)	mg/l	2,0 (4) (5)

(1) VLE - valor limite de emissão, entendido como média mensal, definida como média aritmética das médias diárias referentes aos dias de laboração de um mês, que não deve ser excedido. O valor diário, determinado com base numa amostra representativa da água residual descarregada durante um período de vinte e quatro horas, não poderá exceder o dobro do valor médio mensal (a amostra num período de vinte e quatro horas deverá ser composta tendo em atenção o regime de descarga das águas residuais produzidas).
(2) O valor médio diário poderá, no máximo, estar compreendido no intervalo 5,0-10,0.
(3) Temperatura do meio receptor após a descarga de água residual, medida a 30 m a jusante do ponto de descarga, podendo o valor médio exceder o valor médio mensal do 2.o
(4) O valor médio diário não poderá exceder o dobro do valor médio mensal.
(5) Valor relativo à descarga da unidade industrial para a produção de HCH extracção de lindano ou, simultaneamente, produção de HCH e extracção de lindano.

Nos termos da legislação relativa à Prevenção e Controlo Integrados da Poluição (PCIP), todos os operadores dos aterros de RSU, inseridos na classe de aterros de resíduos não perigosos, deverão solicitar a obtenção da Licença Ambiental (LA), que é emitida ao abrigo do Decreto-Lei n.º 194/2000, de 21 de Agosto, relativo à PCIP. A LA define que o operador deverá proceder ao controlo dos lixiviados do aterro, nos termos especificados nesse documento, fixando os VLE para a água, o tipo e frequência de monitorização.

As normas de descargas dispostas na LA são fixadas para cada infra-estrutura, contemplando sempre os VLE dispostos no Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto, e os processos de acompanhamento, controlo e monitorização, previstos no Decreto-Lei n.º 152/2002, de 23 de Maio, para as fases de exploração e pós-encerramento dos aterros.

2.1.5 Sistemas de Tratamento Convencionais

Os sistemas convencionais utilizados para o tratamento dos lixiviado de aterros sanitários são semelhantes aos métodos de tratamento tradicionais utilizados para as águas residuais urbanas. No entanto, dada a enorme variabilidade da qualidade e quantidade dos lixiviados ao longo do tempo, não é de surpreender a necessidade das ETAL serem mais flexíveis e robustas, face às habituais ETAR (Faria, 2002).

Independentemente dos processos que têm lugar numa ETAL, é fundamental a existência de um sistema de drenagem e captação dos lixiviados que deve ser composto essencialmente pelos seguintes elementos:

- valas de drenagem de águas lixiviantes, principais e secundárias (que atravessam as principais);
- valetas de recolha/desvio de águas pluviais (sistema separativo de águas pluviais);
- poços de captação, para colectar as águas lixiviantes e escorrências para posterior encaminhamento para lagoa ou tanque de regularização.

Para além do sistema de drenagem é fundamental dispor, a montante da ETAL, de uma lagoa de regularização for forma a promover a regularização, e homogeneização, do caudal em excesso decorrente de situações de pluviosidade irregular e/ou intensa, pelo que a sua dimensão depende fortemente das condições de afluências das águas pluviais (Levy e Cabeças, 2006).

Dada a variabilidade da quantidade e qualidade do lixiviado, não surpreende que existam inúmeras alternativas diferentes para o tratamento destes efluentes. Os sistemas de tratamento de lixiviados incluem processos biológicos (aeróbios e anaeróbios), e processo físicos e químicos. Para além destes métodos é também considerado, como parte do tratamento a aplicar ao lixiviado, a eventual recirculação de lixiviado para o aterro (McBean *et al.*, 1995).

No Quadro 2.6. apresentam-se esquematicamente os diversos processos biológicos, químicos e físicos utilizados no tratamento de lixiviados, o seu âmbito de aplicação e algumas vantagens e desvantagens da sua aplicação.

Quadro 2.6. Processos e tratamentos biológicos, químicos e físicos utilizados no tratamento de lixiviados (adaptado de Tchobanoglous *et al*, 1993; Tchobanoglous e Burton, 1991).

PROCESSO DE TRATAMENTO	APLICAÇÃO	COMENTÁRIOS
Processos Biológicos		
Lamas activadas	Remoção de Matéria orgânica	Necessidade de decantação secundária, possível necessidade de anti-espumantes.
SBR (Sequencing Batch Reactor)	Remoção de Matéria orgânica	Semelhante às lamas activadas mas sem necessidade de decantação secundária; aplicável a caudais relativamente baixos.
Lagoas arejadas	Remoção de Matéria orgânica	Necessidade de grandes áreas.
Biodiscos e Leitos percoladores	Remoção de Matéria orgânica	Frequentemente utilizado em efluentes industriais semelhantes a lixiviados mas não testado em actuais lixiviados de aterros.
Digestão anaeróbia	Remoção de Matéria orgânica	Menor necessidade de fornecimento de energia e menor produção de lamas que os sistemas aeróbios; processo com elevada aptidão para a instabilidade; processo mais lento que o aeróbio.
Nitrificação/desnitrificação	Remoção de azoto	O processo de nitrificação/desnitrifiação pode ser acompanhda pela remoção de carbono.
Processos Químicos		
Precipitação Química	Remoção de metais e aniões	Produção de lamas, que possivelmente necessitam de ser depositados como resíduo perigoso.
Oxidação Química	Remoção de Matéria orgânica descontaminação de algumas espécies inorgânicas	Funciona melhor em fluxos de resíduos diluídos; o uso de cloro pode originar a formação de hidrocarbonetos clorados.
Neutralização	Controle de pH	Limitada aplicabilidade para muito lixiviados.
Processos Físicos		
Sedimentação/flotação	Remoção da matéria em suspensão	De aplicabilidade reduzida quando utilizado como processo único; pode ser utilizado em combinação com outros processos de tratamento .
Filtração	Remoção da matéria em suspensão	Útil apenas como tratamento de afinação.
Air Stripping	Remoção de amónia ou compostos orgânicos voláteis	Possível necessidade de tratamento da fase gasosa.
Permuta Iónica	Remoção de compostos inorgânicos dissolvidos	Útil apenas como tratamento de afinação.
Ultrafiltração	Remoção de batérias e compostos orgânicos de alto peso molecular	Membranas sujeita a colmatação; de fraca aplicabilidade em lixiviados.
Osmose Inversa	Remoção de matéria orgânica e inorgânica suspensa e dissolvida	Processo muito caro; Requere um pré-tratamento extenso; problema com o destino dos concentrados.
Evaporação	Onde a descarga de lixiviado não é possível; Concentração do lixiviado	Produz uma lama pode ser considerada como resíduo perigoso; processo muito caro com a excepção das zonas áridas.

2.1.5.1 **Lagoas de Regularização**

As lagoas de regularização são componentes essenciais em qualquer aterro sanitário uma vez que desempenham a função de regularização e homogeneização dos caudais de lixiviado

afluentes à estação. São orgãos que garantem ainda alguma remoção das cargas afluentes, dado ocorrer alguma biodegradação e sedimentação.

Dada a variabilidade da quantidade e qualidade dos lixiviados afluentes, as lagoas de regularização desempenham assim um papel fundamental, qualquer que seja o sistema de tratamento, ou pré-tratamento, preconizado.

Importa referir que, por vezes, a capacidade destes orgãos é ultrapassada, uma vez que a maioria destas lagoas são abertas, podendo causar a contaminação dos cursos de água e solos subjacentes. Para além destes inconvenientes, estas lagoas orgãos são muitas vezes fontes de odores e de proliferação de insectos (Levy e Cabeças, 2006).

2.1.5.2 **Tratamentos Biológicos**

O tratamento biológico tem-se mostrado um método eficiente, tanto quando aplicado unicamente ao lixiviado como quando combinado com águas residuais domésticas.

Os critérios utilizados para o dimensionamento de estações de tratamento de águas residuais urbanas não deverão ser os mesmos a utilizar para o dimensionamento de ETAL, dada a grande diferença de composição destes dois tipos de efluentes, donde resulta um diferente comportamento da sua degradação (Christensen *et al.*, 1992; Qasin e Chiang, 1994).

Nos tratamentos por processos biológicos, os microrganismos (biomassa activa) actuam sobre a matéria orgânica biodegradável presente no lixiviado. Estes processos são também utilizados para a nitrificação e desnitrificação, e para promover a remoção de fósforo. A optimização dos processos biológicos inclui o controlo do nível de oxigénio dissolvido, a adição de nutrientes, manutenção da concentração de microrganismos e de outras condições como o pH, temperatura e agitação. Tratam-se de processos com o inconveniente de dar origem a grandes quantidades de lamas, que posteriormente requerem tratamento (Qasin e Chiang, 1994).

O objectivo do tratamento biológico é alterar a forma dos constituintes orgânicos, não alterando nem destruindo inorgânicos. No entanto, alguns compostos inorgânicos poderão ser parcialmente removidos do lixiviado durante o processo biológico, por precipitação ou adsorção pelas células dos microrganismos actuantes. De uma forma geral, os microrganismos possuem carga negativa, pelo que têm a capacidade de permutar catiões com iões metálicos em solução. Por outro lado, espécies aniónicas, como cloretos e sulfatos, não são afectados pelo tratamento biológico (McBean *et al.*, 1995).

Muitos sistemas de tratamento incluem processos aeróbios e anaeróbios como parte do sistema de tratamento global, podendo beneficiar da especificidade da cada tipo de tratamento biológico.

A presença ou ausência de oxigénio diferencia a decomposição aeróbia e anaeróbia (Qasin e Chiang, 1994).

O tratamento biológico pela via aeróbia representa uma componente importante numa sequência de tratamento de lixiviados. Para além da degradação orgânica do carbono, os tratamentos biológicos são também eficientes na incorporação de amónio na biomassa ou na sua oxidação a nitrato, durante a decomposição aeróbia, seguida de desnitrificação degradação anaeróbia.

Uma forma de estimar a eficácia dos processos biológicos é avaliar a biodegradabilidade dos efluentes que se pretendem tratar, que se pode medir através da relação CBO_5/CQO. Ao contrário dos efluentes domésticos, os lixiviados não apresentam uma biodegradabilidade tão favorável como os efluentes domésticos. No entanto, a relação CBO_5/CQO em lixiviados de aterros jovens é superior à de lixiviados de aterros antigos. Em lixiviados jovens, esta relação pode rondar os 0,5, o que indica que a matéria orgânica presente no efluente é facilmente biodegradável, pelo que o seu tratamento recorrendo a processos biológico pode ser eficaz. Já a relação CBO_5/CQO para os lixiviados produzidos em aterros antigos apresenta fraca biodegradabilidade, entre 0,05 e 0,2, pelo que o tratamento biológico é desaconselhado (McBean *et al.*, 1995).

Por outro lado, o rácio CBO_5/NKT permite determinar a extensão da actividade dos microrganismos nitrificantes, devendo a maior fracção de carbono orgânico biodegradável ser consumida antes da nitrificação ocorrer, pois a actividade dos microrganismos heterotróficos inibe a nitrificação (Mano, 2006). A taxa de nitrificação para reactores de biomassa suspensa encontra-se entre 2 e 5 mgN/gSVS.h, (0.05 e 0.12 kgN/kgSVS.dia) para sistemas com remoção de carbono e nitrificaçao, e entre 9 e 13 mgN/gSVS.h, (0.22 e 0.32 e 0.12kgN/kgSVS.dia) para sistemas que apenas nitrificam (Tchobanoglous e Burton, 1991).

- PROCESSOS AERÓBIOS

As instalações de tratamento por processo aeróbios incluem lagoas, lamas activadas, discos biológicos e leitos percoladores. Em todos estes processos aeróbios, os constituintes orgânicos são degradados na presença de oxigénio, resultando dióxido de carbono e água. Os processos biológicos podem dividir-se em processos de biomassa suspensa e processos de biomassa fixa (Qasin e Chiang, 1994).

Importa reter que, para estes processos, é fundamental fornecer grandes quantidades de oxigénio, nomeadamente se se tratam de lixiviados jovens (provenientes de aterros jovens), dada uma elevada concentração de matéria orgânica. Por outro lado, nos lixiviados mais antigos, uma grande parte da matéria orgânica é composta por material refractário, donde os lixiviados são menos susceptíveis de ser tratados biologicamente.

Tratam-se de processos de degradação, na sua maioria, mais rápidos que os de degradação anaeróbia. No entanto, originam respeitáveis quantidades de lamas, que necessitam de ser geridas posteriormente.

Lagoas Arejadas

Estes reactores de biomassa suspensa apresentam, geralmente, profundidades entre 2 m e 5 m, e promovem o arejamento do lixiviado nestes contidos, através de uma série de arejadores. É promovido um arejamento artificial no qual a injecção é utilizada para criar agitação e fornecer oxigénio ao sistema. As eficiências de remoção de CBO encontram-se entre os 60% e 90%, tratando-se de um processo menos flexível a variações da qualidade e quantidade de lixiviado, quando comparado com o processo de lamas activadas (Qasim e Chiang, 1994).

Alguns investigadores mostraram que, de um modo geral, a matéria orgânica destes efluentes é constituída por matéria refractária estável, frequentemente de peso molecular elevado, assemelhando-se a lixiviados provenientes de aterros antigos, e relativamente estabilizados (Chiang e Vale, 1977 *fide* McBean *et al.*, 1995).

Este processo apresenta o inconveniente de algumas bactérias se perderem no efluente, pelo facto de não ocorrer continuamente a recirculação de lamas. Por forma a compensar esta perda, os tempos de retenção terão de ser suficientemente longos para permitir o desenvolvimento da população bacteriana (Qasim e Chiang, 1994).

Lamas activadas

Os processos de tratamento por lamas activadas baseiam-se em reactores de biomassa suspensa, caracterizados por um reactor biológico (lagoas ou tanque), seguido de decantador secundário, com recirculação de lamas para o reactor. Os tempos de retenção são consideravelmente inferiores comparativamente aos de lagoas arejadas, podendo controlar-se o nível bacteriano pela recirculação de lamas (Levy e Cabeças, 2006).

Segundo Qasim e Chiang (2004) diversos investigadores demonstraram a eficiência de remoção de CBO_5 e CQO recorrendo a processos de lamas activadas, referindo-se a eficiências de remoção na ordem dos 90% a 99%.

Para além da remoção de CBO_5 e CQO, a nitrificação é um aspecto muito importante do tratamento por lamas activadas. À medida que o aterro envelhece a remoção do azoto assume maior importância, devido ao aumento da sua concentração (McBean *et al.*, 1995).

No reactor, com o fornecimento adequado de oxigénio, e de outras condições necessárias, promove-se a nitrificação, que é a conversão do azoto amoniacal a nitratos, e compreende duas

fases: a oxidação do amoníaco, sob a forma do ião NH_4^+ em nitrito, devido à acção das bactérias do género Nitrosomonas, seguida da oxidação do nitrito a nitrato, que é realizada por bactérias do género Nitrobacter (Oliveira, 1983; Mano, 2006).

No entanto, e devido à baixa biodegrabilidade dos lixiviados, nem todo o azoto amoniacal passa a nitritos, nem a redução de CQO é da ordem dos 95%. Deste modo, e de acordo com Levy e Cabeças (2006), o processo de lamas activadas terá se ser complementado com processos de afinação para remoção da CQO, alcançando os valores limites de descarga. Ainda no que respeita aos teores em azoto e nitratos, o tanque de arejamento deverá ser antecedido de um tanque anóxico para promover a desnitrificação, que consiste na redução de nitratos a nitritos, e posteriormente a azoto molecular, que é libertado na forma gasosa.

Um dos grandes desafios dos tratamentos biológicos de lixiviados é a redução dos compostos orgânicos biodegradáveis e de azoto, por forma a minimizar os custos associados ao tratamento secundário. Um método de tratamento também amplamente utilizado é o tratamento por Sequencing Batch Reactor (SBR). Trata-se de um tratamento por lamas activadas mas que combina o arejamento e a decantação num só órgão, funcionando em alternativa, e com tempos de intervalo determinados (Qasin e Chiang, 1994).

Biodiscos e Leitos Percoladores

Os biodiscos e os leitos percoladores são reactores de biomassa fixa. Em comparação com os de biomassa suspensa, oferecem maior tolerância a choques hidráulicos e químicos, típicos de lixiviados, e são menos consumidores de energia.

Contudo, tanto os biodiscos como os leitos, apresentam limitações quanto à capacidade de tratamento de lixiviados muito carregados, uma vez que estes reactores tendem a ser obstruídos por precipitados e/ou biomassa, colmatando os sistemas, e ainda pelo facto do oxigénio fornecido poder não ser suficiente para manter o sistema em condições aeróbias (McBean *et al.*, 1995 ; Mano, 2006; Qasim e Chiang, 1994).

- PROCESSOS ANAERÓBIOS

Os processos anaeróbios também têm sido utilizados no tratamento de lixiviados, e apresentam algumas vantagens face aos processos aeróbios, como sejam a menor quantidade de lamas produzidas, menor estabilização de componentes orgânicos, e a recuperação do metano para produção de energia (Qasim, 1994). No entanto, apresentam o inconveniente dos microrganismos serem muito sensíveis à presença de metais e ao facto de serem facilmente inibidos para valores de pH ácidos, o que contribui para ocorrência de menores taxas de crescimento da população microbiana (Qasim e Chiang,1994).

De acordo com Qasim e Chiang (1994) muitos investigadores demonstraram remoções de CBO_5 entre os 90% e 99%, e rácios de CBO_5/CQO na ordem dos 0,68. Contudo, outros autores apresentam valores inferiores a 0,3 para o rácio CBO_5/CQO. Por outro lado, a remoção de azoto é devida à assimilação pelas bactérias, o que confere aos tratamentos anaeróbios baixas eficiências de remoção de azoto.

Importa referir que os processos anaeróbios são considerados processos eficientes, embora os efluentes possuam ainda elevadas concentrações de CQO. Normalmente, após o tratamento anaeróbio, segue-se um tratamento aeróbio por forma a alcançar as normas de descarga exigidas.

Tanto o tratamento aeróbio como o anaeróbio apresentam limitações no que respeita à remoção orgânica. À medida que a matéria orgânica facilmente biodegradável se degrada, a matéria orgânica remanescente é cada vez mais difícil de remover. Como resultado, a concentração da CBO_5 decresce muito mais rapidamente que a concentração de CQO, diminuindo consequentemente o rácio CBO_5/CQO (McBean *et al.*, 1995).

2.1.5.3 **Tratamentos Físico-Químicos**

Coagulação/Floculação

O tratamento por coagulação-floculação tem como objectivo a geração de flocos de partículas que sedimentem rapidamente, para que possam ser removidas posteriormente. Utilizam-se agentes coagulantes e floculantes (coadjuvantes) para promover a agregação de partículas de menores dimensões em partículas e o consequente aumento do seu tamanho.

A etapa de coagulação decorre num tanque de mistura rápida onde é adicionado o agente coagulante para desestabilização das partículas. Segue-se a etapa de floculação, com adição de um reagente floculante que auxilia na agregação das partículas e que decorre num tanque de mistura lenta, com menor agitação e maiores tempos de retenção que no tanque de mistura rápida, por forma a não perturbar a formação do floco. Após estas etapas é necessário proceder à separação sólido-líquido recorrendo-se, normalmente, a um processo de sedimentação, ou eventualmente, de flotação (Qasim e Chiang, 1994; Mano, 2006).

Para correcção do pH, precipitação de metais pesados, remoção de sólidos suspensos e de partículas transportadas pelo lixiviado, a sequência de tratamento coagulação-floculação-sedimentação apresenta bons resultados, com referência para uma maior eficiência na remoção de compostos inorgânicos (Levy e Cabeças, 2006).

Precipitação Química

Se se tratarem os lixiviados por processos biológicos, os metais pesados presentes no lixiviado serão removidos ou como sulfureto ou como hidróxido, caso o processo seja aeróbio ou anaeróbio, respectivamente. Caso o teor em metais pesados seja ainda muito elevado, ou caso não se recorra a processos biológicos, deverá proceder-se ao tratamento por precipitação química com cal ou outros oxidantes químicos como, por exemplo, o cloro, o peróxido de hidrogénio ou o permanganato de potássio (McBean *et al.*, 1995).

Adsorção com Carvão Activado

Em lixiviados provenientes de aterros jovens, o tratamento com carvão activado não atinge grandes eficiências de remoção de carbono orgânico total, dada a baixa afinidade entre o carbono e os ácidos gordos voláteis. Em contrapartida, revela-se um tratamento bastante eficiente na remoção de matéria orgânica dificilmente biodegradável, solventes, ácidos húmicos e pesticidas, recorrendo tanto à forma de carvão activado em pó (CAP) como ao carvão activado granulado (GAP).

Assim sendo, o tratamento com carvão activado é mais adequado na remoção da CQO em lixiviados de aterros antigos, e na remoção da cor e da matéria orgânica refractária (McBean *et al.,* 1995).

Tratamento por Membranas

Os processo de tratamento por membranas são processos de separação que produzem um permeado e um concentrado. No Quadro 2.7. apresentam-se as partículas e compostos removidos em cada processo de filtração por membranas e as pressões aplicadas.

Quadro 2.7. Processos de separação por membranas e suas aplicações (Löblich, 2006).

Processo	Tamanho das partículas retidas	Pressão Transmembranar típica
Microfiltração - MF	0,1-1 µm (= 10^{-7}-10^{-6}m) Partículas em suspensão, Bactérias1	1 – 3 bar
Ultrafiltração - UF	20 – 1000 Å (=2x10^{-9}-10^{-7}m) Partículas coloidais, Vírus, grandes moléculas orgânicas (Peso molecular: 1000-100.000)	1 – 10 bar
Nanoiltraçã0 - NF	1 ηm = 10 Å(=10^{-9}m)Peso molecular > 300Sais bivalentes 90-98% Sais monovalentes 20-80%	3,5 – 25 bar
Osmose Inversa - OI	< 10 Å(<10^{-9}m) Peso molecular >100Sais dissolvidos 95 ->99%	-120 bar 84 bar (desalinização)

- *Osmose Inversa*

A Osmose Inversa (OI) é um processo de separação de membranas que consiste na passagem de uma solução líquida por uma membrana semi-permeável, a uma pressão elevada (Löblich, 2006).

É considerada, por alguns investigadores, como o processo mais eficaz para a remoção da CQO, com eficiências de remoção entre 94 e 99. As desvantagens deste método são o custo associado, a possibilidade de colmatação da membrana semi-permeável, e o problemas dos destinos dos concentrados resultantes do processo. Atendendo ao enquadramento legal em vigor, os concentrados de OI são resíduos líquidos (cerca de 40% do lixiviado) e portanto, do ponto de vista puramente legal, não podem ser depositados em aterro a não ser que sejam considerados lamas (Faria, 2002 ; Faria e Ascenso, 2007; Löblich, 2006 Levy e Cabeças, 2006).

A ultrafiltração para remoção de sólidos é um pré-tratamento mais eficaz para os processos de afinação.

2.1.6 SISTEMAS ALTERNATIVOS E PROCESSOS EMERGENTES

Alternativamente aos sistemas convencionais existem outros sistemas ou processos que, ou por serem inovadores ou por divergirem dos tradicionais na sua forma de gestão, merecem um especial destaque.

Evaporação/Condensação

Já com algumas instalações na vizinha Espanha, e noutros países da Europa, mas ainda pouco implementado em Portugal, a tecnologia de tratamento dos lixiviados por Evaporação/Condensação surgiu no sentido dar resposta à cada vez maior necessidade de implementação de processos de tratamento de elevada eficiência. Embora o tratamento por OI registe altas eficiências,tem o inconveniente de envolver elevados custos de tratamento, para além dos problemas relacionados com a solução a dar aos concentrados daí resultantes.

A tecnologia Biodestil está registada em Espanha e recorre a um processo de evaporação/condensação para o tratamento de lixiviados, que consiste precisamente na evaporação do lixiviado e posterior condensação. Posteriormente trata-se o amónio presente através de *stripping/scrubber*. Através de um processo biológico é eliminada a CQO remanescente, conseguindo deste modo alcançar os limites de descarga legais. A tecnologia Biodestil é composta pelas seguintes secções (Carvalho, 2006; Soto, 2006) :

1 - secção térmica;
2 - secção de alimentação;
3 - secção de evaporação/condensação;
4 - secção de refrigeração;
5 - secção de *stripping*;
6 - secção biológica;
7 - limpeza de lamas

Na Figura 2.12. presenta-se uma representação esquemática do processo de tratamento Biodestil.

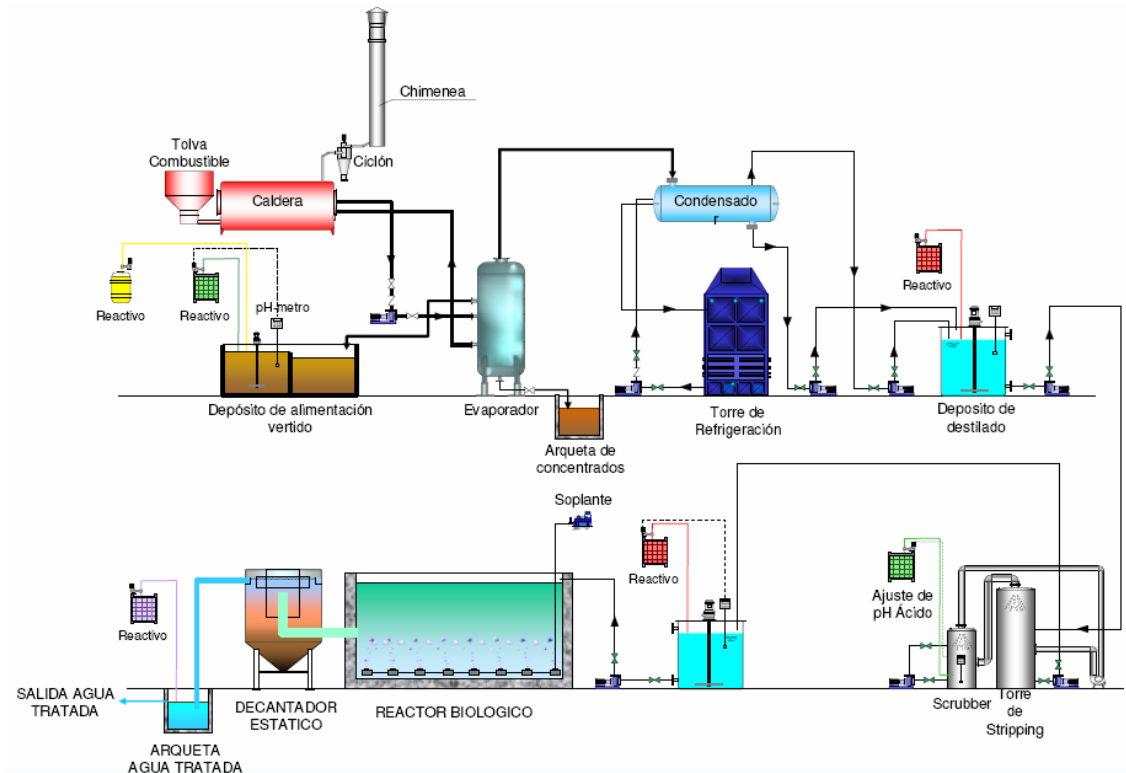



Figura 2.12. Diagrama de fluxos do processo biodestil (Soto, 2006).

No que diz respeito aos concentrados, a quantidade de concentrado produzido ronda os 6%, sendo submetido a um tratamento final por inertizaçao, que consiste na sua estabilização/solidificação, sendo posteriormente depositado no aterro (Carvalho, 2006).

Trata-se de um sistema bastante flexível, com elevada eficiência de remoção dos poluentes, na ordem dos 95%, com elevada remoção de condutividade e amónio, e com reduzidas quantidades de concentrados produzidos (Soto, 2006).

Embora seja uma tecnologia que acarreta também custos elevados, afigura-se ambientalmente mais sustentável na medida em que utiliza biomassa para alimentação do processo de secagem térmica, e pressupõe uma quantidade reduzida de concentrados produzidos (Carvalho, 2006).

Tratamento Combinado com Águas Residuais

A combinação do tratamento combinado dos lixiviados com águas residuais é uma forma de gestão muito conveniente (Qasim e Chiang, 1993). Requer, no entanto, algumas condições base, designadamente:

- localização dos aterros nas proximidades de uma ETAR, ou de uma rede de colectores que posteriormente encaminhe para a ETAR;

- capacidade da ETAR em assimilar os caudais de lixiviados, quantitativa e qualitativamente;

- vontade e boa cooperação entre diferentes entidades (i.e. entidades gestoras e operadores dos RSU e entidades gestoras e operadores do sistema de drenagem e tratamento de águas residuais).

Sob o ponto de vista ambiental e económico, o tratamento conjunto dos lixiviados é uma solução muito útil e conveniente. Minimizam-se recursos, por economia de escala, reduz-se o número de pontos de descarga, minimizando os impactes causados pela descarga de efluentes nos meio hídricos, e reduzem-se os riscos associados à actividade deste tipo de instalações.

O facto de se poderem encaminhar os lixiviados produzidos no aterro para ETAR, permite que as entidades gestoras de aterros e de ETAL disponham de instalações mais simples, menos complexas, com um pré-tratamento com o objectivo de redução de alguma carga orgânica, procurando aproximar a qualidade do lixiviado pré-tratado à qualidade das águas residuais brutas. As vantagens que daqui advêm manifestam-se tanto a nível técnico como económico, minimizando-se os custos de investimento e exploração na ETAL como, por exemplo, os custos energéticos, com reagentes, monitorizações, entre outros. Salientam-se ainda a minimização do investimento global e a melhoria da gestão de lamas, evitando-se sobrecustos com a gestão de lamas contaminadas.

Trata-se de uma solução integrada nas vertentes ambiental, técnica e económica. Contudo, a sua implementação depende de inúmeras variáveis, e por isso carece, sempre, de uma análise cuidada e ponderada caso-a-caso (Sardinha, 2006).

Martinnen *et al.* (2003) estudaram o efeito do tratamento de 11 lixiviados em conjunto com águas residuais, com 4 tipos de águas residuais, de diferentes estações de tratamento, demonstrando que a contribuição de contaminantes provenientes do lixiviado representa menos de 1% da fracção total de contaminantes presente nas águas residuais.

Recirculação de lixiviados

A recirculação de lixiviados para o aterro é das práticas que mais controvérsias tem gerado, devido ao facto dos investigadores não chegarem a um entendimento claro sobre o balanço entre as vantagens e os inconvenientes desta prática.

Independentemente do sistema de tratamento escolhido, Lu *et al.* (1985) referem que recirculação de lixiviado pode ser benéfica na redução da carga orgânica e do volume de lixiviado, bem como na redução dos custos de tratamento. O tratamento de lixiviados pode representar uma fracção muito expressiva no custo total de exploração do aterro, cerca de 25% ou mais (Lu *et al.,* 1985).

Os benefícios da recirculação não afectam apenas o tratamento do lixiviado, podem igualmente apresentar vantagens para a estabilização do aterro, podendo promover a diminuição do período de monitorização pós-encerramento.

Chang *et al.* (2002) avaliaram o impacte da recirculação de lixiviado em aterros com deposição de resíduos sólidos urbanos, lamas de águas residuais e dragados, por estudo em coluna em laboratório, ao longo de 11 semanas. Foram estudados os parâmetros pH, COD, azoto amoniacal e azoto total, e avaliada a produção de gás (volume total de gás, taxas de produção e concentrações de metano e dióxido de carbono. Os resultados demonstraram que a recirculação de lixiviado reduz o tempo de estabilização do aterro e promove o aumento da produção de biogás e a melhoria da qualidade do lixiviado, em particular relativamente à CQO (Chang *et al.*, 2002).

A prática da recirculação do lixiviado para o aterro tem sido amplamente estudada por diversos investigadores. O conceito de aterro como um bioreactor tem sido largamento discutido, sustentando-se nos pressupostos que o tempo de estabilização de um aterro sanitário pode ser minimizado se a massa de resíduos se mantiver húmida, contribuindo desta forma para uma mais rápida degradação dos resíduos, com vista à minimização dos períodos de monitorização pós-encerramento.

2.1.7 Sistemas de tratamento em Portugal e na Europa

As primeiras estações de tratamento de lixiviados foram concebidas à semelhança das estações de tratamento de águas residuais domésticas, com recurso aos mesmos parâmetros de dimensionamento e admitindo os mesmos graua de eficiência.

A monitorização destas estações revelou eficiências bastante inferiores ao previsto, dado os lixiviados serem efluentes mais carregados que os efluentes domésticos.

Um estudo realizado pelo CESUR, em 2004, promovido pelo INR, teve como objectivo a identificação de todas as ETAL de Portugal, o levantamento e caracterização do funcionamento das ETAL, avaliação das tecnologias e eficiências de tratamento, bem como o desenvolvimento de acções para a sua beneficiação.

À data da conclusão do referido estudo existiam 37 aterros sanitários de RSU em Portugal Continental. Destes, 32 dispunham de ETAL e 5 de descarga directa na rede de drenagem municipal. No que concerne ao destino dos lixiviados tratados constatou-se que cerca de 50% da totalidade das instalações descarregava o efluente em linha de água, cerca de 36% em ETAR municipal e 8% com opção de descarga ou em ETAR municipal ou em linha de água.

No Quadro 2.8. apresentam-se as cadeias de tratamento implementadas nas ETAL do País (Dezembro 2004).

Quadro 2.8. Cadeias de tratamento das ETAL existentes em Portugal (Levy, 2004).

Lagoa de Regularização + Osmose Inversa
Lamas Activadas+ Osmose Inversa
Lagoa de Arejamento + Decantador Lamelar + Osmose Inversa
Lagoa Arejada ou Anaeróbia + Osmose Inversa
Lagoas Anaeróbias + Osmose Inversa
Lamas Activadas + Tratamento Físico-Químico
Tratamento Físico-Químico + Lamas Activadas
Filtro EPI + Lamas Activadas + Tratamento Físico-Químico
Lagoa de Arejamento + Filtro EPI + Tratamento Físico-Químico
Lagoa de Arejamento +Tratamento Físico-Químico
Lagoa de Arejamento
Lagoa de Arejamento + Lagoa Macrófitas
Vala de Oxidação + Ligação ao Exutor

Na Figura 2.13. apresenta-se a distribuição percentual dos Sistemas que recorrem às cadeias de tratamento descritas do Quadro 2.8.

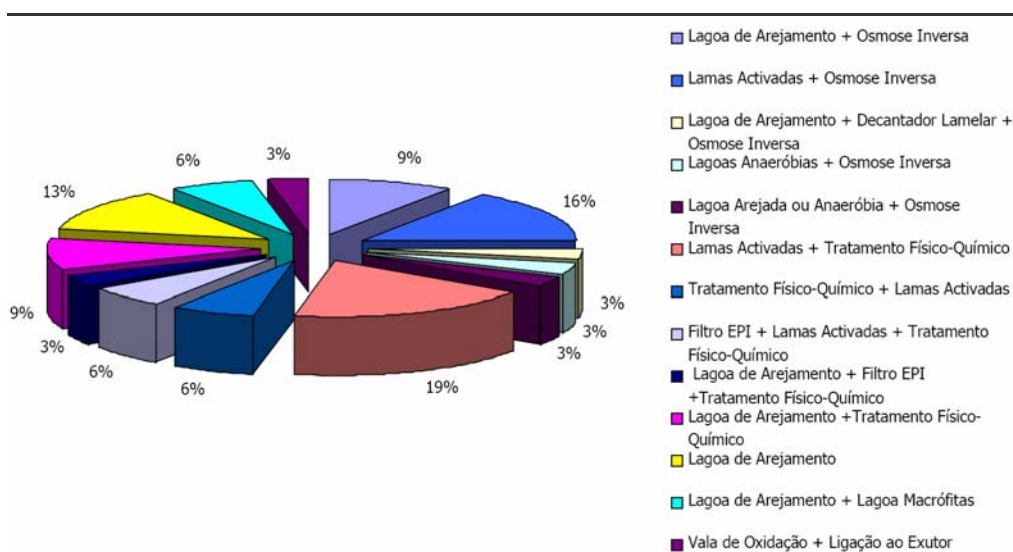



Figura 2.13. Processos de tratamento nas ETAL em Portugal (Levy, 2004).

De acordo com o estudo citado, o processo de osmose inversa é utilizado como tratamento secundário em cerca de 35% ETAL. O tratamento por lamas activadas e tratamento físico-químico encontrava-se implementado em 31% das ETAL. O Quadro 2.9. apresenta, para cada SMAUT, as cadeias de tratamento das ETAL existentes à data de realização do estudo e o respectivo destino final dos efluentes.

Para avaliação das eficiências de tratamento dos sistemas implantados em Portugal, fez-se uma divisão segundo os processos envolvidos e a sua cadeia de tratamento, conforme o Quadro 2.9.

Quadro 2.9. Estações de tratamento e destino final das águas tratadas (Levy, 2004).

DESIGNAÇÃO DA ETAL	TRATAMENTO	DESTINO FINAL
RESIOESTE	Lagoa de Arejamento + Osmose Inversa	Linha de água
ALGAR (Barlavento)		Linha de água
ALGAR (Sotavento)		Linha de água
Cova da Beira	Lamas Activadas + Osmose Inversa	Linha de água
Raia/Pinhal		Linha de água
Planalto Beirão		Linha de água
LIPOR II		Linha de água
REBAT		Linha de água
SULDOURO	Lagoa de Arejamento + Decantador Lamelar + Osmose Inversa	ETAR + Linha de água
RESIDOURO	Lagoa Arejada ou Anaeróbia + Osmose Inversa	Linha de água
AM. Distrito de Évora	Lagoas Anaeróbias + Osmose Inversa	Linha de água
VALSOUSA (Lousada)	Lamas Activadas + Tratamento Físico-Químico	Linha de água
RESULIMA		ETAR
VALORMINHO		Linha de água
ERSUC – Mondego (Coimbra)		ETAR
VALNOR (Avis)		Linha de água
SULDOURO		ETAR + Linha de água
RESIURB	Tratamento Físico-Químico+ Lamas Activadas	Linha de água
RESAT		Linha de água
BRAVAL	Filtro EPI + Lamas Activadas + Tratamento Físico-Químico	ETAR
AMALGA (Beja)		ETAR + Linha de água
RESITEJO	Lagoa de Arejamento + Filtro EPI + Tratamento Físico-Químico	Inoperacional
Vale do Douro Norte	Lagoa de Arejamento +Tratamento Físico-Químico	Linha de água
VALORSUL		ETAR
ERSUC – Baixo Vouga		ETAR
AMARTEJO	Lagoa de Arejamento	Linha de água
AMAGRA (Grândola)		Descarga nula
AMARSUL (Palmela)		ETAR
VALSOUSA (Penafiel)		ETAR
AMCAL (Cuba)	Lagoa de Arejamento + Lagoa Macrófitas	Linha de água
VALORLIS		ETAR
AMTRES	Vala de Oxidação + Ligação ao Exutor	ETAR
ERSUC – Baixo Mondego	Descarga em ETAR municipal	ETAR
Amave (Santo Tirso) – SIDVA		ETAR
Amave (Gonça) – SIDVA		ETAR
Terra Fria/Terra Quente/Douro Superior		ETAR
AMARSUL (Seixal)		ETAR

Quadro 2.10. Processos de tratamento cujas eficiências foram avaliadas (Levy, 2004).

Osmose Inversa
Filtros de Cartucho e Ultrafiltração (como pré-tratamento da osmose inversa)
Filtro de Areia e Filtros de Cartucho (como pré-tratamento da osmose inversa)
Lagoa de Regularização a montante da ETAL
Tratamento Físico-Químico a montante do Tratamento Biológico
Tratamento Físico-Químico a jusante do Tratamento Biológico
Lagoa de Arejamento e Decantador Biológico
Nitrificação – Desnitrificação e Decantador Biológico
Nitrificação – Desnitrificação e Filtros de Cartucho e Ultrafiltração
Filtro EPI
Lagoa de Arejamento e Lagoa de Sedimentação
Lagoa de Macrófitas

Neste estudo, para a avaliação das eficiências de tratamento, Levy (2004) recorreu-se de amostras pontuais e compostas em determinadas pontos dos processos de tratamento, bem como amostras das lamas e concentrados produzidos. No Quadro 2.11. apresentam-se as eficiência obtidas nos processos avaliados, com base nas amostras colhidas nas ETAL.

Quadro 2.11. Eficiências dos processos de tratamento das estações analisadas (Levy, 2004).

	PARÂMETROS - INTERVALOS DE EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO					
PROCESSOS	**CQO**	**CBO_5**	**SST**	**SSV**	**Azoto Total**	**Nitratos**
Osmose Inversa	99%	99%	99%	99%	71% - 98%	91% - 97%
Filtros Cartucho e Ultrafiltração	75% - 98%	-	99%	-	-	-
Filtros de areia e Filtros de Cartucho	3% - 17%	-	27% - 34%	-	-	-
Lagoas de regularização a montante da ETAL	36% - 71%	50% - 68%	55%	46%	4% - 73%	-
Tratamento Físico-Químico a Montante do Tratamento Biológico	13% - 21%	11%	55% - 59%	62% - 63%	-	-
Tratamento Físico-Químico a Jusante do Tratamento Biológico	35% - 90%	34% - 75%	35% - 92%	61% - 88%	38%	-
Lagoa de Arejamento e Decantador Biológico	11% - 66%	50% - 64%	-	-	-	-
Nitrificação/Desnitrificação e Decantador Biológico	58% - 78%	75% - 94%	86%	82%	45% - 94%	-
Nitrificação/Desnitrificação e Filtros Cartucho e Ultrafiltração	37%	17%	76% - 97%	98%	57%	-
Filtro EPI	47% - 66%	-	55% - 73%	-	-	-
Lagoas de Macrófitas	7% - 12%	25% - 43%	13% - 53%	2% - 44%	67%	-

As conclusões deste estudo mostraram, de facto, uma grande variabilidade, tanto da qualidade como a quantidade dos lixiviados das estações avaliadas. De acordo com as amostras colhidas, as concentrações da CQO encontram-se entre os 300 mg/l e os 24000 mg/l. Verificou-se também que as eficiências de remoção de CBO e CQO são inferiores (<70%) às admitidas em projecto (>95%), o que não permite o cumprimento dos VLE das normas de descarga impostas. Este facto deve-se à fraca biodegradabilidade deste tipo de efluentes, pelo que o recurso a processo bioquímicos não se manifesta suficiente para a remoção de uma parcela da CQO.

Neste estudo, a osmose inversa foi o processo de tratamento que melhores resultados apresentou, especialmente quando precedido por processo biológicos.

Os concentrados resultantes dos processos de tratamento, assim como as lamas biológicas e químicas são depositadas no próprio aterro, passando ou não por processos de desidratação. De acordo com as análises efectuadas, nem as lamas, nem os concentrados, cumpriam a legislação em rigor (na maioria dos casos devido aos altos teores de humidade e elevadas concentrações de azoto), pelo que não deveriam poder ser depositadas nestes aterros de RSU.

No que diz respeito às recomendações, Levy (2004) destaca a necessidade de se minimizar a área de exposição de operação do aterro, com vista à redução de caudal afluente à ETAL, e uma maior flexibilidade quanto aos VLE de alguns parâmetros de descarga em períodos transitórios, perante determinadas condições de descarga.

Ainda no estudo conduzido por Levy (2004), foram também avaliadas algumas ETAL na Europa, nomeadamente uma em França (Montech-Toulose) e três na Alemanha (Rastor, Lübeck e Hannover), tanto para efeitos de comparação com as ETAL nacionais como com o intuito de se conhecerem novas tecnologias de tratamento.

O tratamento dos lixiviados de dois dos aterros visitados pelo autor na Alemanha processavam-se por osmose inversa, sendo que o concentrado num deles era tratado por um processo de evaporação. No outro aterro recorria ao tratamento biológico, com injecção de oxigénio puro, ultrafiltração e adsorção por carvão activado, com descarga no colector municipal.

As principais diferenças apontadas dizem respeito ao facto de o lixiviado apresentar baixos valores nas concentrações da CBO e CQO, da massa dos resíduos apresentar uma baixa fracção orgânica fruto da recolha selectiva, e encaminhamento da matéria orgânica para compostagem.

Outra grande diferença reside no facto de na Alemanha serem proibido lagoas de tempestade ao ar livre, bem como o armazenamento do lixiviado nos alvéolos, pelo que os tanques têm ser cobertos. Por outro lado, a recirculação ou injecção de concentrado no aterro, é permitida mediante pedido de licença.

Em França, o aterro visitado (Montech) demonstrou uma grande preocupação na minimização dos caudais afluentes ao aterro, reduzindo ao máximo a área de exposição do aterro, para além de um controlo contínuo do lixiviado e dos lençóis freáticos, tanto acima como abaixo das telas de impermeabilização. Neste aterro, e para o tratamento dos lixiviados, recorre-se a um processo de evaporação múltipla, em que o lixiviado é evaporado por torres sequenciais, com a utilização de biogás como fonte de energia, sendo os gases resultantes tratados, e o concentrado depositado no aterro. Trata-se de um processo com elevados custos energéticos pelo que, para os reduzir, o biogás produzido foi aproveitado desde o início da exploração do aterro.

2.5 A PROBLEMÁTICA ACTUAL DA GESTÃO DE LIXIVIADOS

A problemática actual da gestão dos lixiviados prende-se bastante com a falta de eficiência dos sistemas em operação, e com a cada vez maior necessidade de sistemas mais robustos, mas flexíveis, e mais eficientes.

Um sistema de tratamento de lixiviado adequado deverá ser aquele em que se apliquem as melhores técnicas disponíveis (MTD) e que melhor se ajuste as necessidades *in situ*, tendo em consideração que um sistema de tratamento eficaz para um determinado lixiviado num dado local não se afigura, *per si*, eficaz noutro. Deverão efectuar-se os ajustes necessários considerando a variabilidade da qualidade e quantidade durante todo o período de vida útil da ETAL.

Embora se desconheça a componente de custo do tratamento dos lixiviados no custo global da gestão de um aterro, pensa-se que o tratamento de lixiviados de RSU venha a ocupar, cada vez mais, uma fatia significativa do custo total do tratamento dos RSU.

Os aterros existentes actualmente em Portugal são, na sua maioria, relativamente recentes, e dão origem a quantidades expressivas de lixiviados. Numa sociedade em que as questões ambientais são cada vez mais prementes, cabe aos sistemas a sua cota parte de responsabilidade em optimizar os seus sistemas por forma a evitar a degradação das massas de água e solo, em virtude da descarga dos lixiviados.

O desafio para uma gestão adequada de lixiviados poderá ser certamente o de beneficiar de soluções já aplicadas/implementadas por outros Sistemas que tenham obtido sucesso, e se possam aplicar no seu contexto, em detrimento de procurar novas soluções, com o risco de não ser bem sucedidas, e sempre numa óptima de gestão integrada de RSU.

3 METODOLOGIA E PLANEAMENTO DO TRABALHO DE INVESTIGAÇÃO

Este capítulo é reservado à descrição da metodologia adoptada no desenvolvimento do trabalho de investigação e ao seu planeamento, no sentido de alcançar os objectivos propostos. Apresenta-se o universo de estudo e sistematizam-se os instrumentos de análise e os procedimentos utilizados no tratamento dos resultados.

3.1 ASPECTOS GERAIS

Como mencionado no capítulo de introdução, a presente dissertação tem como objectivo efectuar um levantamento da situação actual da gestão dos lixiviados de RSU em Portugal Continental, em particular, nos Sistemas Intermunicipais.

Para o efeito fez-se, inicialmente, um levantamento da situação nacional em matéria de gestão de RSU, recorrendo a fontes como, por exemplo, o IRAR e o INR, detentores fidedignos deste tipo de informação, e ainda a estudos anteriores realizados na área, nomeadamente o encomendado pelo INR ao Centro de Sistemas Urbanos e Regionais (CESUR) do IST, e realizado em 2004.

A revisão da literatura baseou-se na consulta documental de livros, teses de mestrado e de doutoramento, relatórios técnicos, artigos de revistas científicas e de conferências, encontrando-se este material de suporte disponibilizado em formato papel ou em formato electrónico, com maior ênfase para as publicações mais recentes. Para a pesquisa electrónica recorreu-se a fontes fidedignas, como sejam, o recurso a bases de dados bibliográficas como a *B-On*[11], ou motores de busca mais comuns como o *Google* (e.g. *Scholar Google*[12]), com as devidas precauções de considerar apenas *sites* e publicações de reconhecida idoneidade.

Com a parte prática do trabalho de investigação procurou-se actualizar o diagnóstico da situação nacional em matéria de gestão de lixiviados e recolher um conjunto de dados de base que possibilitassem a determinação de indicadores de desempenho das ETAL.

---

[11] "*B-On* – Biblioteca do Conhecimento Online: Portal que reúne algumas das principais editoras de revistas científicas e titulares de bases de dados internacionais, disponibilizando à comunidade científica nacional um conjunto vasto de artigos *online*, em texto integral (disponível em http://www.b-on.pt/).

[12] *Scholar Google*[12] ("Google académico" em português) - Ferramenta de pesquisa do motor de busca *Google* dedicado a pesquisas bibliográficas em livros, artigos, etc. disponível em http://scholar.google.com/)

3.2 PLANEAMENTO E CRONOGRAMA

Para atingir os objectivos propostos, o trabalho desenvolvido foi estruturado nas seguintes seis fases:

- *FASE I – Revisão da literatura e selecção do caso de estudo*

Numa primeira fase, a revisão bibliográfica assentou numa pesquisa sobre a situação nacional em matéria de gestão e tratamento de lixiviados de RSU, em especial sobre os sistemas de gestão e sobre o tipo e número de infra-estruturas existentes para o tratamento de lixiviados. Esta pesquisa incluiu o recurso a fontes de informação especializadas como o IRAR e o INR, bem como de estudos considerados importantes nesta matéria, como o estudo do CESUR em 2004.

Esta primeira abordagem teve como objectivo dispor de um conjunto de informações base que permitisse, por um lado, uma breve caracterização do caso de estudo – os Sistemas Intermunicipais – e, por outro, a elaboração dos instrumentos de análise para levantamento da situação actual nacional em matéria de gestão e tratamento de lixiviados de aterros de RSU.

Posteriormente, incidiu-se a revisão da literatura nos instrumentos estratégicos para a gestão dos RSU, abordando o panorama actual e histórico das políticas e legislação vigentes em Portugal em matéria de gestão de RSU, e focando os sistemas de gestão e tratamento de lixiviados e o tipo e infra-estruturas existentes para o tratamento dos mesmos.

- *FASE II – Elaboração dos instrumentos de análise*

Uma vez recolhidos os elementos fundamentais para uma breve caracterização do caso de estudo, os Sistemas Intermunicipais, optou-se por recorrer a dois instrumentos de análise, um directo, observação do funcionamento das ETAL, e outro indirecto, através do desenvolvimento e aplicação de um inquérito por questionário a todos os Sistemas Intermunicipais. Com o questionário pretendeu-se recolher um conjunto de informações relacionadas com as características dos Sistemas, a quantidade e origem dos RSU depositados em aterro, as características dos aterros, a quantidade de biogás e lixiviados produzidos, o tipo de tratamento dado aos lixiviados e o seu destino, entre outros.

Para a elaboração deste questionário os contributos do Prof. Doutor Fernando Santana, do Prof. Doutor Rui Santos e da Eng.ª Ana Brandão, foram muito importantes.

- *FASE III – Envio dos questionários aos Sistemas*

Devido à sua dimensão, e tendo como objectivo facilitar a resposta por parte dos Sistemas, o questionário foi subdividido em dois, questionário 1 e questionário 2. Foram enviados em fases

distintas a todos os Sistemas Intermunicipais, por correio e acompanhados de um ofício do IRAR, como descrito neste capítulo, no ponto 3.4.

- *FASE IV – Realização de reuniões e visitas técnicas aos Sistemas*

A realização destas visitas teve como objectivo averiguar as actuais condições de funcionamento das ETAL dos Sistemas Intermunicipais, para além da recolha de informações junto dos responsáveis e técnicos dos aterros sobre as condições e problemas actuais dos sistemas e sobre eventuais medidas/acções de reabilitação futuras. Esta fase compreendeu um planeamento antecipado e um contacto directo com estes responsáveis.

- *FASE V – Diagnóstico da situação actual*

Esta fase centra-se no objectivo principal da dissertação, ou seja, a realização de um diagnóstico e análise da situação actual em matéria de gestão de lixiviados.

Face aos resultados obtidos nas fases anteriores, nomeadamente com a recepção dos questionários e pelas visitas técnicas realizadas, e ainda com base na revisão da literatura, foi definida uma metodologia de análise da problemática e de avaliação dos elementos recolhidos, que se apresenta no subcapítulo 3.6.

- *FASE VI – Redacção da dissertação*

Esta última fase cinge-se à redacção da presente dissertação.

Algumas destas 6 fases desenvolveram-se em simultâneo com outras fases, dada a necessidade de articulação e do evoluir dos trabalhos, decorrendo ao longo de 11 meses, e segundo o cronograma que se apresenta no Quadro 3.1.

Quadro 3.1. Cronograma das várias fases do trabalho de investigação.

Fases	2007									2008		
	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar
I - Revisão da literatura e selecção do caso de estudo												
	■	■							■	■	■	
II - Elaboração dos instrumentos de análise												
- Questionário 1		■										
- Questionário 2			■									
III - Envio dos questionários aos sistemas												
- Questionário 1				■								
- Questionário 2						■	■	■				
- Recepção dos questionários						■	■	■	■	■	■	■
IV - Reuniões e visitas técnicas aos sistemas de gestão												
					■	■	■	■				
V - Diagnóstico da situação actual												
- Tratamento e análise dos resultados obtidos por questionário						■	■	■				
- Apreciação global das visitas técnicas realizadas							■	■	■	■		
VI - Redacção da dissertação												
										■	■	■

3.3 Selecção e Caracterização do Caso de Estudo

Como já foi referido, a presente dissertação é um contributo importante para o estudo "Gestão de lixiviados produzidos em aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos", encomendado pelo IRAR à FCT/UNL, que se encontra em desenvolvimento. Este estudo contempla todo o território de Portugal Continental, pelo que abrange todos os SMAUT do Continente. No entanto, é sobre os Sistemas Intermunicipais que o IRAR dispõe de menos informação, pelo que se optou pela estratégia de abordar primeiramente estas entidades.

Pelos motivos apontados, o caso de estudo desta dissertação cinge-se ao universo dos Sistemas Intermunicipais de Gestão de RSU, 14 no total, o que corresponde a sensivelmente metade dos SMAUT existentes em Portugal Continental e a metade do território nacional continental. As regiões abrangidas por cada um destes Sistemas apresentam-se na Figura 3.1.

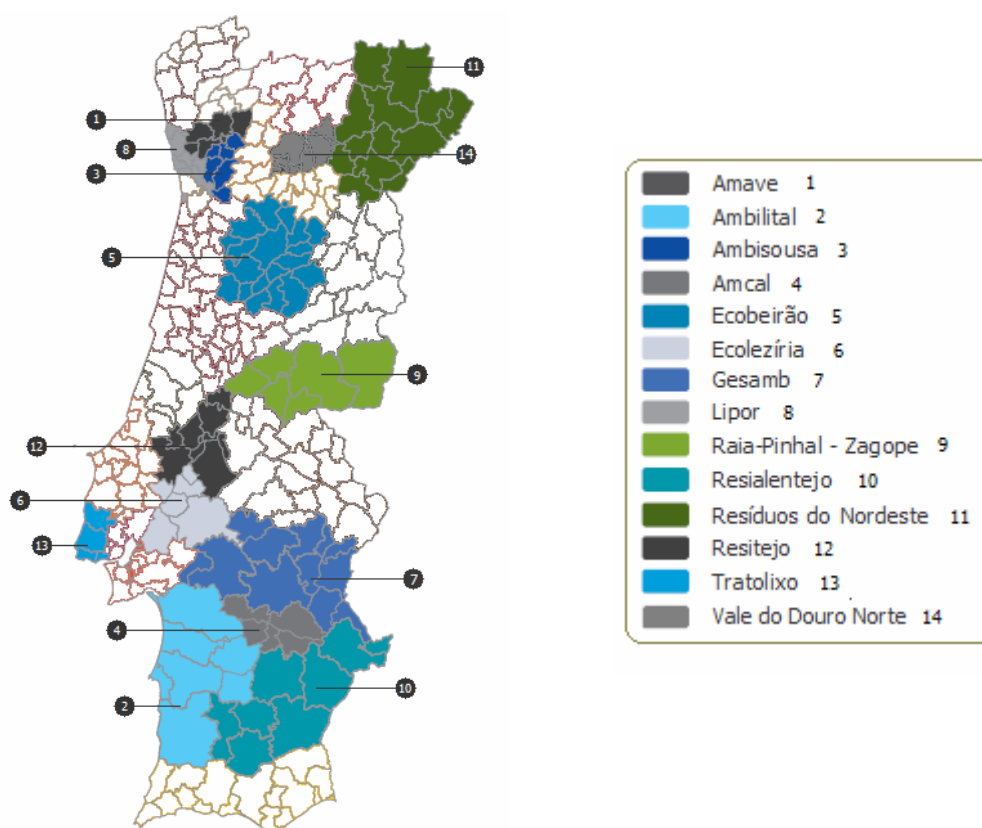



Figura 3.1. Sistemas intermunicipais de gestão de RSU (adaptado de IRAR/MAOTDR, 2007 – RASARP).

Dos 14 Sistemas Intermunicipais existentes em Portugal Continental, foram seleccionados os Sistemas cujas ETAL descarregam directamente o seu efluente no meio hídrico, ou que, embora descarregando em colectores municipais, levam a cabo um pré-tratamento que justifica a recolha de informação, para posterior análise e comparação de resultados. Com efeito, não se incluiu o Sistema Amave que, embora tenha sido contactado e mostrando-se disponível para o estudo, dispõe de descarga directa dos lixiviados produzidos em colector municipal, não permitindo reunir

um conjunto mínimo de informação sobre os lixiviados que possibilitasse a sua posterior análise. Assim sendo, restringiu-se o caso de estudo aos restantes 13 sistemas Intermunicipais.

3.4 INSTRUMENTOS DE ANÁLISE E PROCEDIMENTOS

Tal como referido, para a recolha e obtenção dos dados necessários ao diagnóstico actual da situação da gestão e tratamento de lixiviados dos Sistemas Intermunicipais elaboraram-se, por um lado, dois questionários, que posteriormente se enviaram a todos o Sistemas e, por outro, efectuaram-se visitas às ETAL destes mesmos sistemas. Para além da informação recolhida através deste meios, recorreu-se sempre que necessário à informação já existente como, por exemplo, a disponibilizada nas páginas da Internet do ex-INR e dos próprios Sistemas, no sentido de conferir, e até validar, alguma informação reportada nos questionários recebidos.

3.4.1 INQUÉRITO POR QUESTIONÁRIO

Com o inquérito por questionário que se desenvolveu, pretendeu-se recolher um conjunto de informações relacionadas com as características dos Sistemas, a quantidade e origem dos RSU depositados em aterro, as características dos aterros, a quantidade de biogás e lixiviados produzidos, o tipo de tratamento dado aos lixiviados e o seu destino.

A lógica adoptada foi a elaboração de um questionário que fosse abrangente e suficientemente flexível, e que pudesse, por um lado, adaptar-se a todos os tipos de Sistemas e, por outro lado, que possibilitasse uma análise global e a comparação de resultados.

No decorrer da preparação deste questionário constatou-se que o documento teria uma extensão considerável, dada a informação necessária a recolher para a fase de diagnóstico da situação. Assim, e tendo como objectivo facilitar a resposta por parte dos inquiridos e, consequentemente, aumentar a taxa de resposta, optou-se por subdividir o questionário em dois documentos: Questionário 1 e Questionário 2.

O primeiro questionário (Questionário 1) foi construído com o objectivo de recolher um conjunto de informações de carácter mais contextual e mais geral sobre as características dos Sistemas, das infra-estruturas de onde provêm os lixiviados e o tipo de tratamento e destino final dado aos mesmos. O segundo questionário (Questionário 2) foi preparado com o objectivo de recolher informações técnicas mais específicas sobre as características e o funcionamento das ETAL.

Nos pontos seguintes especifica-se, para cada um dos questionários, a sua estrutura e variáveis incluídas, as datas da sua elaboração, aprovação pelo IRAR, e informação relativa ao envio aos Sistemas e recepção dos mesmos.

– Questionário 1

No dia 18 de Maio de 2007, foi enviado ao IRAR uma proposta relativa ao Questionário 1, para sua apreciação e aprovação. A versão final, após aprovação pelo IRAR, foi enviada para todos os sistemas intermunicipais por Fax, acompanhada do Ofício IRAR/O – 2745/2007, no dia 9 de Julho. Solicitou-se aos Sistemas o preenchimento e a devolução do questionário ao IRAR, até ao dia 15 de Agosto. A versão final deste questionário apresenta-se no Anexo A.

O Questionário 1 encontra-se estruturado em dois conjuntos de fichas, Ficha A e Ficha B, tal como indicado no Quadro 3.2.

Quadro 3.2. Estrutura do Questionário 1.

FICHA	OBJECTIVOS	SUB-FICHAS
Ficha A	Identificação e caracterização dos Sistemas, em especial as relacionadas com as infra-estruturas de confinamento de resíduos existentes na sua área de actuação	
Ficha B	Identificação e caracterização da(s) ETAL existente(s) no Sistema, bem como as infra-estruturas de confinamento de RSU de onde são oriundos os lixiviados tratados, devendo os Sistemas preencher uma Ficha B para cada uma das ETAL. Esta ficha encontra-se organizada em três sub-fichas.	▪ **Ficha B1** – Identificação da ETAL
		▪ **Ficha B2** – Informações sobre as infra-estruturas de onde provêm os lixiviados afluentes à ETAL: - **B2.1** – Informações relativas a aterros sanitários ou vazadouros controlados, em exploração ou encerrados; - **B2.2** – Informações relativas a lixeiras ou vazadouros não controlados, já encerrados.
		▪ **Ficha B3** – Informações gerais sobre a ETAL: - **B3.1** – Implantação e estrutura; - **B3.2** – Descrição do sistema de tratamento; - **B3.3** – Outras informações.

No Quadro 3.3 apresenta-se um resumo da informação relativa ao envio e recepção do Questionário 1. Considerando os Sistemas alvo deste estudo, 13 no total (Amave excluída elos motivos já expostos), a taxa de resposta obtida para o Questionário 1 foi de 85%.

Quadro 3.3. Resumo da informação relativa ao envio e recepção do Questionário 1.

SISTEMAS	QUESTIONÁRIO 1	
	Data de Envio	Data de Recepção
Amave	(IRAR) 9 de Junho de 2007	*(a)*
Ambilital		24 Agosto, 2007
Ambisousa (Valsousa)		24 Agosto, 2007
Amcal		24 Agosto, 2007
Amtres (TratoLixo)		4 Dezembro, 2007
Ecobeirão		8 Novembro, 2007
Ecolezíria (Resiurb)		24 Agosto, 2007
Gesamb		24 Agosto, 2007
Lipor		24 Agosto, 2007
Raia-Pinhal (Zagope)		10 Setembro, 2007
Resialentejo		*(b)*
Resíduos do Nordeste		24 Agosto, 2007
Resitejo		*(b)*
Vale do Douro Norte		7 Fevereiro, 2008
Total:	14	11

(a) Foi enviado inicialmente, mas não foi considerado no presente estudo
(b) Por motivos alheios ao estudo, o sistema não se mostrou disponível para colaborar no estudo.

– Questionário 2

À semelhança do Questionário 1, elaborou-se uma proposta de Questionário 2 que foi posteriormente enviada para apreciação ao IRAR, no dia 31 de Julho de 2007, sendo a mesma aprovada no dia 24 de Agosto de 2007. A versão final deste questionário apresenta-se no Anexo B. Sendo uma continuidade do Questionário 1, o Questionário 2 estruturou-se em dois conjuntos de fichas, Ficha C e Ficha D, cujos objectivos e organização se encontram indicados no Quadro 3.4.

Quadro 3.4. Estrutura do Questionário 2.

FICHA	OBJECTIVOS	SUB-FICHAS
Ficha C	Identificação da(s) ETAL e do Sistema correspondente	▪ **Ficha C1** – Identificação do Sistema ▪ **Ficha C2** – Identificação da ETAL
Ficha D	Caracterização detalhada da ETAL, como o tipo e eficiências da linha de tratamento em questão bem como destino final de efluentes e lamas, monitorização controlo da qualidade dos efluentes, tipo e eficiências da linha de tratamento em questão bem como destino final de efluentes e lamas.	▪ **Ficha D1 –** Características de implantação, concepção e construção ▪ **Ficha D2 –** Sistema de drenagem de águas lixiviantes e de águas pluviais ▪ **Ficha D3 –** Sistema de tratamento de lixiviados ▪ **Ficha D4** – Exploração, operação e manutenção - **D4.1** – Exploração; - **D4.2** – Recursos humanos; - **D4.3** – Análise de consumos e fornecimentos; - **D4**.**4** – Análise de custos; - **D4**.**5** – Levantamento de problemas; ▪ **Ficha D5** – Monitorização - **D5.1** – Controlo de lixiviados; - **D5.2** – Controlo de águas subterrâneas; - **D5.3** – Controlo de águas superficiais; - **Ficha D6** – Levantamento de opinião; - **Ficha D7** – Registo e informação de ocorrências; ▪ **Ficha D8** – Outras Informações.

De acordo com a estratégia definida, e no sentido de não sobrecarregar as entidades gestoras, e garantir uma boa taxa de resposta por parte dos sistemas, optou-se pelo envio do Questionário 2 no decurso do agendamento das reuniões e visitas aos Sistemas.

No Quadro 3.5 apresenta-se um resumo da informação relativa ao envio e recepção do Questionário 2. Tendo em conta o número de Sistemas que devolveram o questionário 2, a taxa de resposta para este segundo questionário foi de 77%.

Quadro 3.5. Resumo da informação relativa ao envio e recepção do Questionário 2.

SISTEMAS	QUESTIONÁRIO 2	
	Data de Envio	Data de Recepção
Ambilital	24 Outubro, 2007	19 Dezembro, 2007
Ambisousa (Valsousa)	11 Setembro, 2007	20 Dezembro, 2007
Amcal	10 Setembro, 2007	28 Dezembro, 2007
Amtres (TratoLixo)	19 Novembro, 2007	4 Dezembro, 2007
Ecobeirão	14 Setembro, 2007	7 Dezembro, 2007
Ecolezíria (Resiurb)	29 Outubro, 2007	24 Janeiro, 2008
Gesamb	11 Setembro, 2007	10 Dezembro, 2007
Lipor	13 Setembro, 2007	2 Outubro, 2007
Raia-Pinhal (Zagope)	24 Outubro, 2007	29 Novembro, 2007
Resialentejo	22 Novembro, 2007	*(a)*
Resíduos do Nordeste	24 Outubro, 2007	11 Fevereiro, 2008
Resitejo	26 Novembro, 2007	*(a)*
Vale do Douro Norte	14 Setembro, 2007	*(b)*
Total:	13	10

(a) O sistema não integrou o estudo visto não ter enviado os questionário 1 e 2..
(b) Até a data da conclusão do estudo não se recebeu o questionário 2.

3.4.2 REUNIÕES E VISITAS ÀS ETAL

Outro dos pontos previstos nesta investigação, para a fase de diagnóstico da situação actual, foi a realização de reuniões e visitas técnicas a todos os Sistemas Intermunicipais, com o objectivo de verificar as actuais condições de funcionamento das ETAL, bem como recolher informações dos responsáveis e técnicos dos aterros sobre as condições e problemas de funcionamento das ETAL e sobre eventuais medidas/alterações ou planos de reconversão previstos para o futuro. Com estas visitas pretendeu-se, também, prestar esclarecimento directo sobre o preenchimento do Questionário 2, bem como de clarificar algumas questões suscitadas no preenchimento do Questionário 1.

O agendamento destas reuniões/visitas compreendeu um planeamento antecipado e um contacto directo com estes responsáveis, no sentido de autorizar, e posteriormente agendar, as referidas visitas, tendo em conta a disponibilidade dos sistemas. Para tal, todos os Sistemas Intermunicipais foram contactados formalmente por escrito, via fax e/ou correio electrónico. Dada a especificidade da informação solicitada no questionário 2 e ao objectivo destas visitas, foi solicitado aos Sistemas a presença do(s) técnico(s) responsável pela ETAL durante a visita, sempre que possível.

Estas visitas permitiram a interlocução com os principais responsáveis da exploração dos Aterros e das ETAL, permitindo uma análise mais concreta sobre a situação da ETAL e uma percepção efectiva no que respeita aos problemas e dificuldades com que se deparam este tipo de Sistemas, tanto no seu enquadramento global inserido na gestão do aterro, como na própria gestão dos lixiviados em particular.

Para além da autora, a Engª. Ana Brandão participou também em todas as visitas aos Sistemas e, na maioria das visitas, esteve igualmente presente um elemento do IRAR, nuns casos a Eng.ª Alexandra Costa, noutros o Eng. João Silva.

As visitas decorreram de Setembro a Novembro de 2007, de acordo com a disponibilidade dos Sistemas, conforme apresentado no Quadro 3.6.

Quadro 3.6. Datas da realização das visitas às ETAL dos Sistemas Intermunicipais.

SISTEMAS - ATERROS	**DATA DE REALIZAÇÃO DAS VISITAS**
Ambilital - Aterro Sanitário de Santiago do Cacém	24 Outubro, 2007
Ambisousa (Valsousa) - Aterro Sanitário de Lustosa, Lousada	11 Setembro, 2007
Amcal - Aterro Sanitário de Vila Ruiva, Cuba	10 Setembro, 2007
Amtres (TratoLixo) - Aterro Sanitário de Trajouce	19 Novembro, 2007
Ecobeirão - Aterro Sanitário do Planalto Beirão, Tondela	14 Setembro, 2007
Ecolezíria (Resiurb) - Aterro Sanitário da Raposa	29 Outubro, 2007
Gesamb - Aterro Sanitário de Évora	11 Setembro, 2007
Lipor - Aterro Sanitário da Maia	13 Setembro, 2007
Raia-Pinhal (Zagope) - Aterro Sanitário da Castelo Branco	24 Outubro, 2007
Resialentejo - Aterro Sanitário de Beja	22 Novembro, 2007
Resíduos do Nordeste - Aterro Sanitário de Urjais, Mirandela	24 Outubro, 2007
Resitejo - Aterro Sanitário da Chamusca	26 Novembro, 2007
Vale do Douro Norte - Aterro Sanitário do Vale do Douro Norte	14 Setembro, 2007
Total:	13

Apesar dos Sistemas Resialentejo e Resitejo não terem enviado os Questionários foi possível visitar as ETAL destes Sistemas, o que permitiu, de modo semelhante ao que sucedeu com os restantes Sistemas, uma análise expedita da situação de gestão das respectivas ETAL.

Em síntese, os procedimentos metodológicos adoptados nesta investigação esquematizam-se na Figura 3.2.

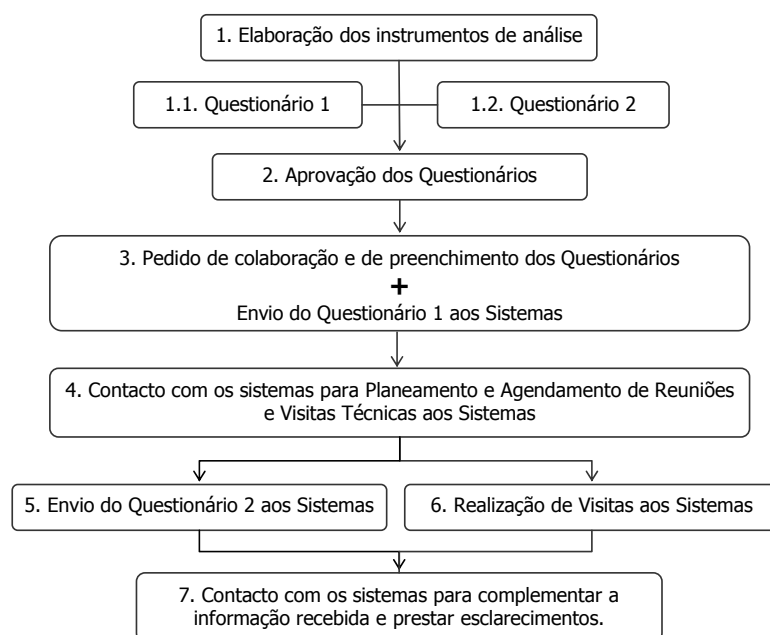



Figura 3.2. Procedimentos metodológicos adoptados.

3.5 Construção das Variáveis e Desenvolvimento Conceptual de Indicadores de Desempenho

Tendo em conta a revisão da literatura sobre as características e funcionamento de ETAL, bem como da análise aos estudos já efectuados sobre ETAL e das normas em vigor relativas ao controlo e monitorização dos lixiviados, seleccionou-se um conjunto de variáveis com as quais se pretendeu recolher informação que possibilitasse um diagnóstico da situação nacional em matéria de gestão de lixiviados e uma análise crítica aos principais problemas identificados. Estas variáveis foram operacionalizadas por questionário, através das questões colocadas nos Questionários 1 e 2 (Anexos A e B).

Tendo por base as variáveis seleccionadas e o conteúdo da sua informação, pretende-se, no âmbito deste trabalho de investigação, desenvolver um conjunto de indicadores de desempenho, tendo por objectivo facilitar a análise comparativa entre as várias ETAL e identificar, de uma forma mais fácil e expedita, o desempenho e os aspectos mais críticos da gestão dos lixiviados.

A metodologia a utilizar para a construção destes indicadores de desempenho fundamentar-se-á na filosofia e na estrutura adoptada para a construção dos indicadores de desempenho para os serviços de abastecimento de água e para os serviços de águas residuais, publicados na Série Guias Técnicos do IRAR (Alegre *et al.*, 2004; Matos *et al.*, 2004). Tendo estes autores desenvolvido um trabalho aprofundado no desenvolvimento de indicadores de desempenho, de reconhecida qualidade e importância a nível internacional e nacional, e sendo as ETAL infra-estruturas de tratamento de lixiviados geridas por Sistemas Intermunicipais ou Multimunicipais, à semelhança dos serviços de águas residuais, considerou-se que fazia todo o sentido adaptar esses indicadores ao caso da gestão dos lixiviados.

Os indicadores desenvolvidos apresentam-se no capítulo dos resultados, sob a forma de proposta, tendo por objectivo a sua aplicação posterior a todos os SMAUT no âmbito do projecto do IRAR.

3.6 Apresentação e Tratamento de Resultados

O volume de informação recolhida por questionário e por contacto directo com os Sistemas exigiu uma estratégia para a apresentação e análise dos resultados obtidos, por forma a não sobrecarregar a dimensão desta dissertação e facilitar a compreensão aos seus potenciais leitores.

Tendo já sido elaborado o 2º Relatório de Progresso relativo ao Projecto no qual se insere a presente dissertação (Martinho *et al.*, 2008), onde constam, para cada um dos Sistemas Intermunicipais, todas as informações recolhidas por questionário, optou-se por estruturar o capítulo relativo à apresentação e discussão dos resultados (capítulo 4), nos seguintes pontos:

- Breve descrição sobre a situação actual da gestão dos lixiviados produzidos pelas infra-estruturas de confinamento de cada um dos Sistemas, através de uma análise por sistema, com uma breve caracterização do sistema e com a identificação do número de infra-estruturas de confinamento e tratamento de lixiviados. É apresentado o tipo e eficiência do tratamento dos lixiviado e seu destino, produção de lixiviados (quantidade e qualidade), referindo-se o actual estado de funcionamento das ETAL e acções/remodelações futuras. São também identificadas outras infra-estrutura geridas pelos sistemas, como Estações de Transferências (ET), Lixeiras e Aterros encerrados, que contribuem com produção de lixiviados.
- Desenvolvimento conceptual de Indicadores de desempenho da gestão dos lixiviados, para cada um dos Sistemas Intermunicipais,

No capítulo 5 apresentam-se as conclusões deste estudo, os principais problemas detectados e sugerem-se algumas recomendações que visam a minimização desses problemas.

De salientar que, durante a realização deste estudo, algumas ETAL tinham previsto ou encontravam-se em fase de remodelação pelo que, sempre que necessário, estas considerações foram tidas em conta na análise.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo apresentam-se e discutem-se os resultados obtidos na presente investigação. É efectuado um diagnóstico da situação nacional actual em matéria de gestão de lixiviados nacional no contexto dos sistemas intermunicipais. Faz-se uma caracterização geral por sistema e por ETAL, com informação tratada e agregada. Procede-se depois à apresentação da proposta de indicadores de desempenho.

4.7 ASPECTOS GERAIS

Os resultados que em seguida se apresentam dizem respeito ao conjunto de informação recolhida através dos instrumentos de análise utilizados na presente investigação, ou seja, à informação contida nos dois questionários preenchidos pelos sistemas, complementada com as visitas realizadas às ETAL, procurando sempre comparar estes elementos com dados da literatura.

De referir que os dados requeridos nos questionários referem-se ao ano de 2006, dado o estudo se ter iniciado em 2007 e os sistemas apenas disporem da totalidade de quantitativos e de informação quando o ano cessa. No entanto, e no que concerne ao número de aterros sanitários e ETAL, a informação diz também respeito ao presente ano, dado que não sofreu alteração até à data.

4.8 ANÁLISE POR SISTEMA

4.8.1 AMAVE (SIRVA)

O Sistema de Intermunicipal de Resíduos do Vale do Ave (SIRVA) gere os resíduos dos municípios de Fafe, Guimarães, Vizela, Vila Nova de Famalicão, Trofa, St. Tirso. Possui dois aterros sanitários em exploração, St. Tirso (em optimização) e Gonça (Guimarães), cujos lixiviados produzidos nestas infra-estruturas são directamente descarregados na rede de drenagem municipal, e posteriormente encaminhados para ETAR das Águas do Ave, nomeadamente para a ETAR da Rabada e ETAR do Serdezelo, respectivamente.

Esta forma de gestão dos lixiviados produzidos não permitiu a incorporação deste sistema no presente estudo uma vez que os dados disponíveis não constituem matéria suficiente para análise, facto já exposto no capítulo de metodologia (Capitulo 3).

4.8.2 AMBILITAL

A Ambilital, EIM abrange os municípios de Alcácer do Sal, Aljustrel, Ferreira do Alentejo, Grândola, Odemira, Santiago do Cacém e Sines, 7 no total. O sistema Ambilital gere um aterro sanitário, o aterro sanitário da AMAGRA, com uma ETAL para o tratamento dos lixiviados produzidos (Quadro 4.1). Este sistema é ainda responsável por 8 lixeiras encerradas, 4 ET. Para além dos lixiviados e das águas residuais produzidas na instalações do aterro, recebe ainda lixiviados de uma das lixeiras (Odemira), e de 3 das ET (Grândola, Odemira e Santiago do Cacém).

Quadro 4.1. Caracterização geral da ETAL da Ambilital.

ETAL DO ATERRO SANITÁRIO DE AMBILITAL

▪ **Sistema de Tratamento dos Lixiviados:**

Linha de Tratamento Implantada:

A – Poço de Lixiviados
B – Caixa de Entrada da ETAL
1, 2 – Lagoas de Arejamento
3 – lagoas de Sedimentação
4 – Lagoa Evaporação

Destino final do lixiviado tratado:

- Descarga nula

(Não existe descarga para o meio exterior, é acumulado numa bacia de retenção)

Descrição do tratamento:

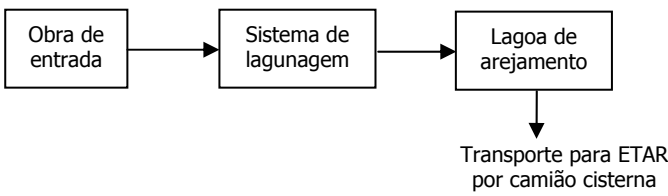
- O sistema de tratamento implantado consiste num tratamento por lagoas, com duas linhas paralelas. Cada linha de tratamento é composta por duas lagoas de arejamento em série, seguidas de uma lagoa de sedimentação, e cujos efluentes se juntam numa lagoa final de evaporação. Não é feita a recirculação de lixiviado e a descarga é nula.

▪ **Caracterização do lixiviado**
(Caudal [m^3/dia], pH [-],Concentrações médias [mg/l], CQO/CBO_5 [-])

Afluente:		*Efluente final:*		▪ **Eficiência do Tratamento (%)**	
Caudal (m^3/dia):	30	Caudal (m^3/dia):	s.d		
pH:	s.d.[13]	pH:	s.d.		
CBO_5 (mgl/l)	s.d.	CBO_5 (mgl/l)	s.d.	CBO_5 (%):	s.d.
CQO (mg/l):	6000	CQO (mg/l):	3000	CQO (%):	50%
SST (mgl/l):	s.d.	SST (mgl/l):	s.d.	SST (%):	s.d.
N_{Total} (mgl/l):	s.d.	N_{Total} (mgl/l):	s.d.	N_{Total} (%):	s.d.
CQO/CBO_5	s.d.				

Observações:
De referir que a ETAL foi construída apenas 1 ano após a entrada em exploração do aterro, encontrando-se os lixiviados, até então, acumulados na célula do aterro.

À data da realização da visita a ETAL da Ambilital encontrava-se inoperacional, uma vez que o sistema de tratamento de implantado não comportava o lixiviado produzido, dado o balanço hídrico ser desfavorável. Encontrava-se a decorrer uma remodelação com implantação de um novo Sistema Modular de tratamento do lixiviado, por Evaporação/Condensação, a acoplar ao já existente, aumentando a capacidade de tratamento para 60m3/dia. Segundo a Ambilital a conclusão e início de tratamento do lixiviado estaria prevista para Fevereiro de 2008. Até data de conclusão deste estudo, deu-se por terminada a obra e a nova ETAL encontra-se actualmente em fase de testes.

---

[13] s.d. – sem dados.

4.8.3 AMBISOUSA (VALSOUSA)

A Ambisousa, EIM, gere dois aterros sanitários em exploração, o aterro de Penafiel que integra os municípios de Castelo de Paiva, Paredes, Penafiel, e o aterro sanitário de Lustosa (Lousada) que abrange os municípios de Felgueiras; Lousada e Paços de Ferreira, 6 municípios no total, pertencentes à Comunidade Urbana do Vale do Sousa (VALSOUSA). A Ambisousa gere ainda 2 lixeiras encerradas e 2 ET. Cada um dos aterros dispõe de uma ETAL, a ETAL do Aterro Sanitário da Lustosa e a ETAL do Aterro Sanitário de Penafiel, embora ambas as ETAL apenas façam o pré-tratamento dos lixiviados, sendo encaminhados para ETAR para tratamento posterior.

Para a ETAL do aterro de Penafiel (Quadro 4.2.) contribuem, para além dos lixiviados produzidos no aterro, as águas residuais provenientes das águas residuais produzidas na instalações do aterro, como águas residuais das instalações sanitárias, depósito de combustíveis e lava-rodados. Os lixiviados produzidos nas ET são encaminhados para as ETAR das proximidades.

Quadro 4.2. Caracterização geral da ETAL da Ambisousa - Penafiel.

ETAL DO ATERRO SANITÁRIO DE PENAFIEL - AMBISOUSA

- **Sistema de Tratamento dos Lixiviados:**

Descrição do tratamento:

- O sistema implantado consiste num pré-tratamento por lagoas em série, onde apenas é efectuada alguma remoção da carga orgânica, encaminhando posteriormente o lixiviado pré-tratado para uma ETAR. Não efectuam recirculação do lixiviado para o aterro.

- **Caracterização do lixiviado**

(Caudal [m^3/dia], pH [-],Concentrações médias [mg/l], CQO/CBO_5 [-])

Afluente:		*Efluente final:*		**Eficiência do Tratamento (%)**	
Caudal (m^3/dia):	40	Caudal (m^3/dia):	50		
pH:	7,5 - 8	pH:	s.d.		
CBO_5 (mgl/l)	2500	CBO_5 (mgl/l)	470	CBO_5 (%):	81%
CQO (mg/l):	6500	CQO (mg/l):	5600	CQO (%):	4%
SST (mgl/l):	s.d.	SST (mgl/l):	210	SST (%):	s.d.
N_{Total} (mgl/l):	s.d.	N_{Total} (mgl/l):	s.d.	N_{Total} (%):	s.d.
CQO/CBO_5	s.d.				

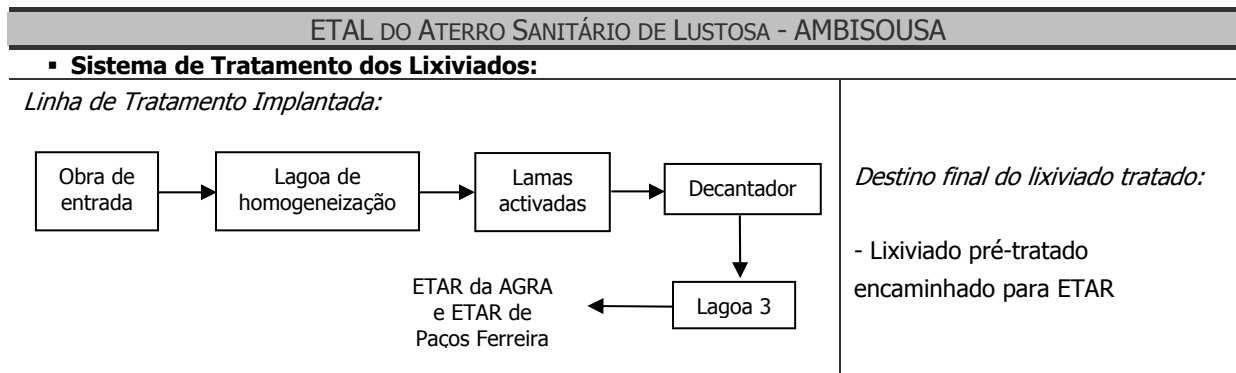
Observações:

De referir que a construção da ETAL foi prevista no projecto do aterro, encontrando-se a funcionar desde a entrada em exploração do aterro (Abril 1999). Em 2000 foi construída uma lagoa para aumento da capacidade de encaixe, e em 2004 foi aumentado o arejamento por forma a diminuir o impacte na ETAR de destino dos lixiviados.

Ao momento, não se encontram previstas alterações ou remodelações na linha de tratamento ou em qualquer orgão ou equipamento.

Para a ETAL do aterro da Lustosa, em Lousada (Quadro 4.3.) contribuem, para além dos lixiviados produzidos no aterro da Lustosa, os lixiviados da lixeira encerrada da Lustosa e as

águas residuais produzidas nas instalações do aterro. Os lixiviados produzidos nas ET são encaminhados para as ETAR das proximidades.

Quadro 4.3. Caracterização geral da ETAL da Ambisousa - Lustosa.

ETAL DO ATERRO SANITÁRIO DE LUSTOSA - AMBISOUSA

- **Sistema de Tratamento dos Lixiviados:**

Linha de Tratamento Implantada:

Destino final do lixiviado tratado:

- Lixiviado pré-tratado encaminhado para ETAR

Descrição do tratamento:

- O sistema implantado consiste num pré-tratamento por lamas activadas numa lagoa de arejamento, com recirculação das lamas biológicas, onde apenas é efectuada alguma remoção da carga orgânica, encaminhando posteriormente o lixiviado pré-tratado para uma ETAR. Não efectuam recirculação do lixiviado para o aterro.

- **Caracterização do lixiviado**

(Caudal [m^3/dia], pH [-],Concentrações médias [mg/l], CQO/CBO_5 [-])

Afluente:		*Efluente final:*		**▪ Eficiência do Tratamento (%)**	
Caudal (m^3/dia):	40	Caudal (m^3/dia):	48,3		
pH:	s.d.	pH:	s.d.		
CBO_5 (mgl/l)	1450	CBO_5 (mgl/l)	710	CBO_5 (%):	51%
CQO (mg/l):	3350	CQO (mg/l):	2900	CQO (%):	13%
SST (mgl/l):	s.d.	SST (mgl/l):	s.d.	SST (%):	s.d.
N_{Total} (mgl/l):	s.d.	N_{Total} (mgl/l):	s.d.	N_{Total} (%):	s.d.
CQO/CBO_5	≈ 3,5				

Observações:

A construção da ETAL da Lousada foi prevista no projecto do aterro, encontrando-se a funcionar desde a entrada em exploração do aterro (Abril 1999). Desde a entrada em funcionamento a linha de tratamento de ETAL já sofreu algumas alterações, dado que inicialmente de procedia à descarga em linha de água. Inicialmente a ETAL apresentava um esquema de tratamento por lamas activadas (lagoa de arejamento) seguido de tratamento físico-químico (por coagulação-floculação) com decantação posterior. Com a possibilidade de descarregar em ETAR foi desactivada a etapa de coagulação-floculação e a segunda decantação.

A Ambisousa não prevê quaisquer alterações e/ou remodelações sobre a linha de tratamento actualmente em funcionamento na ETAL do aterro da Lustosa.

4.8.4 AMCAL

A Amcal é composta por 5 municípios: Cuba, Alvito, Vidigueira, Portel e Viana do Alentejo. Sob a sua responsabilidade estão 2 ET, 16 lixeiras encerradas e 1 aterro sanitário em exploração, o aterro sanitário de Vila Ruiva (Cuba). Este aterro dispõe de uma ETAL para o tratamento dos lixiviados produzidos (Quadro 4.4.), e recebe ainda as águas residuais produzidas nas suas instalações, como as provenientes das instalações sanitárias e das lavagens de instalações e viaturas. Os lixiviados produzidos nas ET são encaminhados para as ETAR locais.

Quadro 4.4 Caracterização geral da ETAL da Amcal.

ETAL DO ATERRO SANITÁRIO DA AMCAL

- **Sistema de Tratamento dos Lixiviados:**

Linha de Tratamento Implantada:

Afluente do Aterro
Obra de entrada
Obra de entrada
Lagoa Anaeróbia
Lagoa Facultativa
Lagoa Arejada 1
Lagoa Arejada 1
Decantador
Lagoa Macrófitas 1
Lagoa Macrófitas 2
Tanque Final
Linha de Água (excepcionalmente)

Destino final do lixiviado tratado:

- Linha de água: Afluente à Ribeira de Odivelas

Descrição do tratamento:

- O sistema implantado consiste num tratamento por lagunagem com lagoa anaeróbia, lagoa facultativa, duas lagoas de arejamento em série, seguido de decantação e afinação final do efluente em duas lagoas de macrófitas, com um tanque final para armazenamento do efluente tratado. As lamas produzidas são depositadas em aterro, embora a quantidade produzida seja muito baixa.

- **Caracterização do lixiviado**

(Caudal [m^3/dia], pH [-],Concentrações médias [mg/l], CQO/CBO_5 [-])

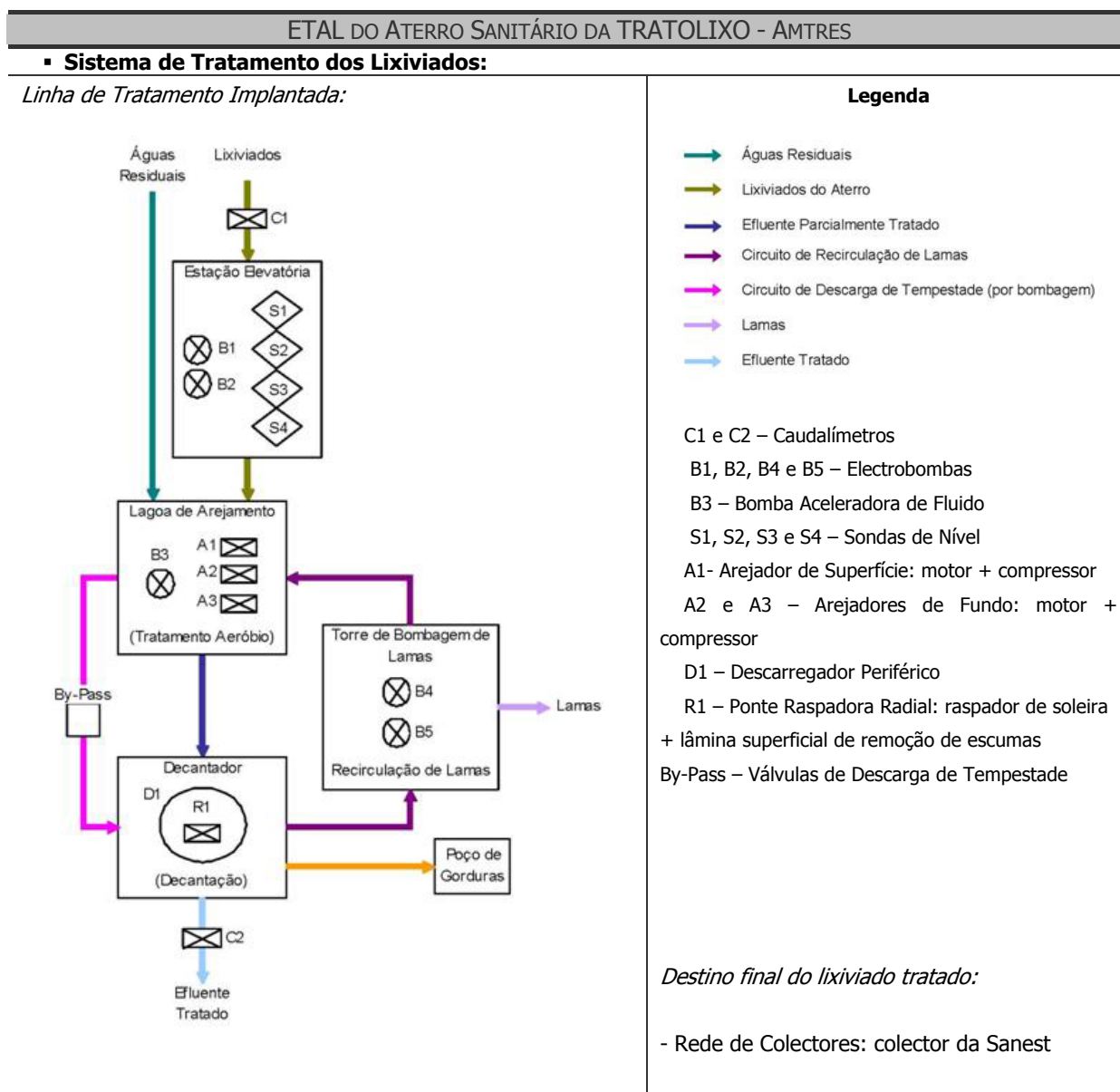
Afluente:		*Efluente final:*		**Eficiência do Tratamento (%)**	
Caudal (m^3/dia):	7	Caudal (m^3/dia):	5,7		
pH:	7,5	pH:	8,54		
CBO_5 (mgl/l)	430	CBO_5 (mgl/l)	90	CBO_5 (%):	79%
CQO (mg/l):	1900	CQO (mg/l):	600	CQO (%):	68%
SST (mgl/l):	70	SST (mgl/l):	40	SST (%):	43%
N_{Total} (mgl/l):	890	N_{Total} (mgl/l):	180	N_{Total} (%):	80%
CQO/CBO_5	2,2				

Observações:

A ETAL da Amcal foi prevista em projecto para o aterro, encontrando-se a funcionar desde a entrada em exploração do mesmo. O sistema de tratamento preconizado em projecto garantia eficiências de remoção que permitiam a descarga em linha de água. No entanto, os VLE não são atingidos, tendo sido abandonada a opção descarga do efluente no meio hídrico. No momento da visita à ETAL da Amcal a mesma não se encontrava em funcionamento visto não existir caudal suficiente. Quando existe um mínimo de caudal a ETAL opera em circuito fechado, ou seja, funciona em contínuo com recirculação interna do lixiviado, sendo a descarga nula. Embora o sistema possua licença de descarga em meio hídrico, esta ocorre muito esporadicamente, dado que o sistema implantado não permite atingir os VLE exigidos nas normas de descarga.

4.8.5 TRATOLIXO (AMTRES)

A Tratolixo abrange os 4 municípios da Amtres: Cascais , Mafra, Oeiras e Sintra. Tem sob a sua gerência uma lixeira encerrada e um aterro encerrado. Este aterro dispõe de uma ETAL para tratamento dos lixiviados produzidos, sendo as águas residuais provenientes das instalações do aterro, encaminhadas directamente para a rede colector municipal.

Quadro 4.5. Caracterização geral da ETAL da Tratolixo - Amtres.

Descrição do tratamento:

- A ETAL apresenta tratamento por lamas activadas, uma vala de oxidação seguido de um decantador, com recirculação das lamas. As gorduras acumuladas na superfície do decantador são conduzidas para um poço de gorduras. O efluente tratado segue para o colector, que encaminha o lixiviado para tratamento posterior. As lamas em excesso são retiradas anualmente, e encaminhadas para tratamento e destino final adequado, para empresas devidamente licenciadas.

▪ **Caracterização do lixiviado** (Caudal [m^3/dia], pH [-],Concentrações médias [mg/l], CQO/CBO_5 [-])				▪ **Eficiência do Tratamento (%)**	
Afluente:		*Efluente final:*			
Caudal (m^3/dia):	94,7	Caudal (m^3/dia):	94,7		
pH:	7,9	pH:	8,1		
CBO_5 (mgl/l)	89	CBO_5 (mgl/l)	17	CBO_5 (%):	81
CQO (mg/l):	7300	CQO (mg/l):	2100	CQO (%):	71
SST (mgl/l):	s.d.	SST (mgl/l):	s.d.	SST (%):	s.d.
N_{Total} (mgl/l):	3000	N_{Total} (mgl/l):	1100	N_{Total} (%):	63
CQO/CBO_5	s.d.				

Observações:
A ETAL do aterro de Trajouce não se encontrava prevista aquando o projecto do aterro, permanecendo o aterro sem ETAL durante 1 ano, desde a sua entrada em funcionamento. Os lixiviados eram então encaminhado para o colector. No que diz respeito a alterações à linha de tratamento, foi optimizado o arejamento, tendo sido instalados dois arejadores.

A Tratolixo prevê a construção de uma nova ETAL para o tratamento dos lixiviados, tendo também previsto, para 2009, um novo aterro sanitário para a deposição de RSU, em Mafra, no qual se encontra também previsto a construção de uma ETAL para o tratamento dos lixiviados produzidos, encontram-se o seu projecto em curso.

Importa referir que o aterro de Trajouce foi encerrado em 2005 o que, de acordo com o ponto 9 da Parte II do ANEXO IV do Decreto-Lei n.° 152/2002, de 23 de Maio, não é exigido a monitorização de CBO_5, CQO, SST nem de N_{Total}, embora a Tratolixo tenha fornecido informação sobre estes parâmetros.

4.8.6 ECOBEIRÃO (PLANALTO BEIRÃO)

A Ecobeirão é compreende os 19 municípios da Região do Planalto Beirão 5 municípios (Aguiar da Beira, Carregal do Sal, Castro Daire, Gouveia, Mangualde, Mortágua, Nelas, Oliveira de Frades, Oliveira do Hospital, Penalva do Castelo, St.ª Combadão, S. Pedro do Sul, Sátão, Seia, Tábua, Tondela, Vila Nova de Paiva, Viseu e Vouzela). O Sistema gere 19 lixeiras, 3 ET e um aterro sanitário em exploração, em Tondela (Viseu).

O aterro sanitário da Ecobeirão dispõe um sistema de tratamento de lixiviados composto por três linhas de tratamento distintas, embora apenas duas das linhas (linha da ETAL Fixa e ETAL Móvel) estejam em funcionamento, encontrando-se a terceira ainda em fase de testes (Linha da ETAL Extra-Resi). No Quadro 4.6. apresenta-se o sistema de tratamento dos lixiviados actualmente em funcionamento.

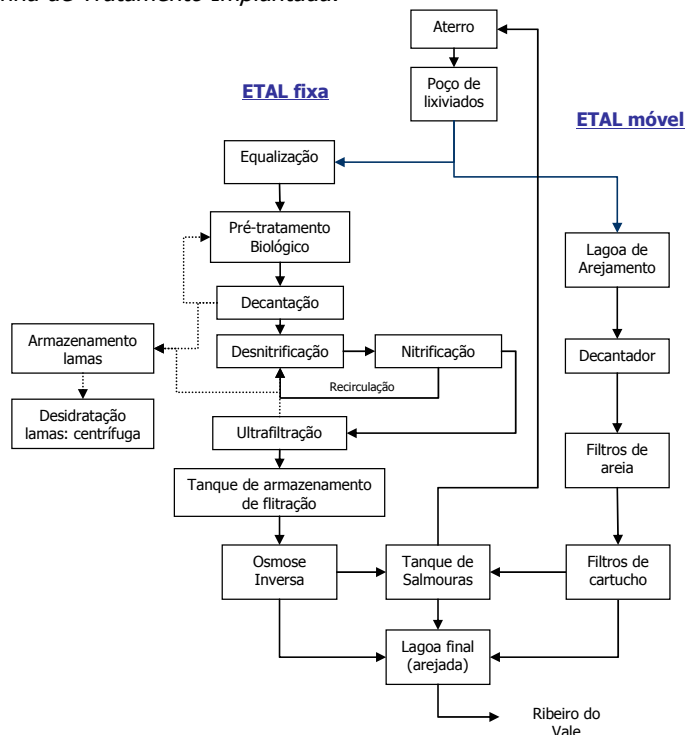
Quadro 4.6. Caracterização geral da ETAL da Ecobeirão.

ETAL DO ATERRO SANITÁRIO DA ECOBEIRÃO
▪ **Sistema de Tratamento dos Lixiviados:**
Descrição do tratamento: - O Sistema de tratamento implantado na Ecobeirão desenvolve-se em duas linhas de tratamento, designadas por ETAL Móvel e ETAL Fixa. O lixiviado produzido no aterro é encaminhado para um poço de lixiviados donde se repartem os caudais a entrar em cada subsistema. A qualidade do lixiviado bruto é a mesma para as duas linhas dado receberem o lixiviado do mesmo poço.

No subsistema ETAL Fixa é feita uma equalizador do caudal seguido de um pré-tratamento biológico antes do tratamento biológico com nitrificação-desnitrificação. Segue-se uma ultrafiltração seguida de osmose inversa, com tratamento a montante da ultrafiltração por filtros cartucho. As lamas produzidas são desidratadas numa centrífuga e posteriormente depositas no aterro.

O subsistema ETAL Móvel é composto por uma lagoa de arejamento seguida de uma decantador, encaminhando posteriormente o lixiviado para uma unidade móvel de osmose inversa Esta unidade móvel contempla um tratamento prévio com filtros de areia seguido por filtros cartucho.

O efluente produzido em cada subsistema é recolhido numa lago final arejada, apresentam-se as remoções em cada subsistema e em conjunto.

Linha de Tratamento Implantada:

Destino final do lixiviado tratado:

- Linha de água: Ribeiro do Vale

▪ **Caracterização do lixiviado**

(Caudal [m³/dia], pH [-],Concentrações médias [mg/l], CQO/CBO_5 [-])

ETAL Fixa - *Afluente:*		**ETAL Fixa** - *Efluente final:*		▪ **Eficiência do Tratamento (%) ETAL Fixa**	
Caudal (m^3/dia):	36	Caudal (m^3/dia):	21,5		
pH:	8,5	pH:	7		
CBO_5 (mgl/l):	4619	CBO_5 (mgl/l):	11,4	CBO_5 (%):	99,8 %
CQO (mg/l):	12422	CQO (mg/l):	22,3	CQO (%):	99,8 %
SST (mgl/l):	1340	SST (mgl/l):	5,3	SST (%):	99,6 %
N_{Total} (mgl/l):	3880	N_{Total} (mgl/l):	30,2	N_{Total} (%):	99,2 %
ETAL Móvel - *Afluente:*		**ETAL Móvel** - *Efluente final:*		▪ **Eficiência do Tratamento (%) ETAL Móvel**	
Caudal (m^3/dia):	140	Caudal (m^3/dia):	57,5		
pH:	s.d.	pH:	s.d.		
CBO_5 (mgl/l):	4619	CBO_5 (mgl/l):	287	CBO_5 (%):	93,5 %
CQO (mg/l):	12422	CQO (mg/l):	463	CQO (%):	96,1 %
SST (mgl/l):	1340	SST (mgl/l):	<10	SST (%):	99,1 %
N_{Total} (mgl/l):	3880	N_{Total} (mgl/l):	3,1	N_{Total} (%):	99,9 %
CQO/CBO_5	0,36				
		ETAL Fixa + ETAL Móvel Efluente Final		▪ **Eficiência do Tratamento (%) ETAL Móvel + ETAL Fixa**	
		Caudal (m^3/dia):	82		
		pH:	6,8		
		CBO_5 (mgl/l):	21,8	CBO_5 (%):	83 %
		CQO (mg/l):	54,1	CQO (%):	83 %
		SST (mgl/l):	19,0	SST (%):	83 %
		N_{Total} (mgl/l):	16,6	N_{Total} (%):	83 %

Observações:

O Aterro da Ecobeirão, que entrou em exploração em Agosto de 1998, permaneceu 1 ano sem tratamento de lixiviados, sendo estes encaminhados para ETAR municipais até à entrada em exploração da ETAL (Outubro 1999). Desde esta data sofreu alterações por forma a aumentar a sua capacidade de tratamento, tanto ao nível da qualidade como da quantidade sendo que, inicialmente o sistema dispunha apenas do tratamento correspondente à ETAL Fixa.

A terceira linha de tratamento é composta por um sistema de evaporação, e que actualmente se encontra em fase de teste, não estando a rejeitar efluente para o exterior. O sistema de tratamento desta linha pode ser consultado no Anexo F.

4.8.7 ECOLEZÍRIA (RESIURB)

O Sistema Intermunicipal Ecolezíria abrange 7 municípios no total, Almeirim, Alpiarça, Benavente, Chamusca, Cartaxo, Coruche, Salvaterra de Magos. O sistema possui 2 ET (Salvaterra de Magos e Coruche), 5 lixeiras encerradas (Quinta dos Patudos, Erra, Belmonte, Vale da Pedra e Raposa, e um aterro em exploração, o aterro sanitário da Raposa. Este aterro possui uma ETAL que, para além dos lixiviado produzidos no aterro e na lixeira da Raposa, recebe os lixiviados da ET de Coruche e as águas residuais produzidas nas instalações de apoio ao aterro. Os lixiviados produzidos nas restantes lixeiras e ET são encaminhados para as ETAR das localidades.

Quadro 4.7. Caracterização geral da ETAL da Ecolezíria.

ETAL DO ATERRO SANITÁRIO DA ECOLEZÍRIA

▪ **Sistema de Tratamento dos Lixiviados:**

Linha de Tratamento Implantada:

Bacia de Retenção → Decantador Primário → Tanque de Arejamento → Decantador Secundário → **Osmose Inversa** → Ribeira de Muge

Decantador Secundário → Ribeira de Muge

Decantador Primário / Decantador Secundário → Leitos de secagem

Destino final do lixiviado tratado:

- Linha de água: Ribeira de Muge

Descrição do tratamento:

- O sistema de tratamento é composto por uma decantação primária com tratamento físico-químico seguido de tratamento biológico com tanque de arejamento e decantação secundária. As lamas químicas e biológicas são desidratadas em leitos de secagem e depositadas no aterro. O sistema implantado não garante o cumprimentos dos parâmetros de descarga tal que, por imposição da IGAOT[14] implementaram uma unidade de osmose inversa. Procede-se à recirculação do lixiviado para o aterro nos períodos em que a pluviosidade é mais intensa. Os concentrados resultantes da osmose inversa são depositados no aterro em poços.

▪ **Caracterização do lixiviado** (Caudal [m^3/dia], pH [-],Concentrações médias [mg/l], CQO/CBO_5 [-]) | ▪ **Eficiência do Tratamento (%)**

Afluente:		*Efluente final:*			
Caudal (m^3/dia):	20	Caudal (m^3/dia):	56		
pH:	8,1	pH:	s.d.		
CBO_5 (mgl/l):	s.d.	CBO_5 (mgl/l):	1790	CBO_5 (%):	s.d.
CQO (mg/l):	3990	CQO (mg/l):	2980	CQO (%):	25 %
SST (mgl/l):	s.d.	SST (mgl/l):	201	SST (%):	s.d.
N_{Total} (mgl/l):	1490	N_{Total} (mgl/l):	473	N_{Total} (%):	78 %
CQO/CBO_5	s.d.				

[14] IGAOT – Inspecção Geral do Ambiente e Ordenamento do Território.

Observações:
A ETAL da Ecolezíria foi prevista aquando da construção do aterro sanitário da Raposa. Não cumprindo as normas de descarga o sistema alugou uma unidade alugada móvel de osmose inversa por forma a poder efectuar a descarga em linha de água.

Aquando a visita à ETAL a Ecolezíria manifestou algum interesse em abandonar o tratamento por osmose inversa, no decorrer do ano de 2008, embora não tenha sido fornecida a informação precisa sobre a data prevista para esta alteração. Encontra-se em curso um concurso para complementar o sistema de tratamento implantado, em substituição da unidade de osmose inversa.

4.8.8 GESAMB

A Gesamb gere um aterro sanitário (em exploração), em Évora, que serve os municípios de Arraiolos, Alandroal, Borba, Estremoz, Redondo, Vila Viçosa, Montemor-O-Novo, Évora, Mourão, Mora, Vendas Novas, Reguengos de Monsaraz, 9 na totalidade. Este Sistema gere ainda 4 ET em Borba, Pavia, Montemor-O-Novo e Reguengos de Monsaraz, das quais as duas últimas descarregam os lixiviados nas ETAR das proximidades, não tendo o sistema fornecido informação acerca do destino de lixiviados das restantes ET. A ETAL do aterro sanitário de Évora recebe, para além dos lixiviados produzidos no aterro, as águas residuais produzidas nas infra-estruturas de apoio.

Quadro 4.8. Caracterização geral da ETAL da Gesamb.

ETAL DO ATERRO SANITÁRIO DA GESAMB	
▪ **Sistema de Tratamento dos Lixiviados:**	
Linha de Tratamento Implantada: Aterro Estação Elevatória Lagoas de Regularização Osmose Inversa Tanque de armazenamento de concentrado e de recirculação para o aterro Concentrado Permeado Tanque de permeado Ribeira da Viscossa	*Destino final do lixiviado tratado:* - Linha de água: Ribeira da Viscossa
Descrição do tratamento: - A ETAL apresenta um processo de tratamento por 4 lagoas de regularização e seguidas de uma unidade móvel de osmose inversa, com pré-tratamento com filtros de areia e filtros cartucho. O permeado resultante da osmose inversa segue para um tanque final antes de ser descarregado em linha de água. O concentrado resultante é recirculado para as lagoas da osmose inversa são armazenados e posteriormente depositados no aterro. Actualmente a Gesamb não efectua a recirculação do lixiviado, ainda que tanto a licença de ambiental como o projecto de execução contemplem essa solução. Está a ser avaliada essa possibilidade.	

▪ **Caracterização do lixiviado** (Caudal [m³/dia], pH [-],Concentrações médias [mg/l], CQO/CBO_5 [-])					
Afluente:		*Efluente final:*		▪ **Eficiência do Tratamento (%)**	
Caudal (m^3/dia):	70	Caudal (m^3/dia):	35		
pH:	8	pH:	8		
CBO_5 (mgl/l):	250	CBO_5 (mgl/l):	28,6	CBO_5 (%):	89 %
CQO (mg/l):	1500	CQO (mg/l):	19,5	CQO (%):	99 %
SST (mgl/l):	400	SST (mgl/l):	19,6	SST (%):	95 %
N_{Total} (mgl/l):	1050	N_{Total} (mgl/l):	85	N_{Total} (%):	92 %
CQO/CBO_5	s.d.				

Observações:

O sistema implantado inicialmente previa o tratamento de lixiviado menos carregado que o que na realidade, e actualmente, é produzido. Está previsto a optimização do sistema de arejamento das lagoas por um sistema de ecofuros e a optimização dos circuitos do lixiviado entre as lagoas. Encontra-se ainda prevista a construção de uma quinta lagoa por forma a aumentar a capacidade de armazenamento.

Para além da já mencionada construcção de uma quinta lagoa a Gesamb não prevê outras alterações e/ou remodelações na linha de tratamento actualmente em funcionamento na ETAL do aterro de Évora.

4.8.9 LIPOR

A Lipor serve 8 municípios da área do Grande Porto: Espinho, Gondomar, Maia, Matosinhos, Porto, Póvoa do Varzim, Valongo, Vila do Conde. O Sistema gere duas lixeiras encerradas, um vazadouro encerrado, um aterro sanitário encerrado, e um aterro sanitário em exploração. Este último, localizado na Maia, tem acoplado uma ETAL para o tratamento dos lixiviados aí produzidos, recebendo também os lixiviados das duas lixeiras encerradas (Póvoa e Vila do Conde) e as águas residuais produzidas nas instalações de apoio ao aterro. De referir que este aterro se encontra anexado à Central de Valorização Energética, e destina-se receber os subprodutos resultantes dos processos de tratamento térmico e de valorização dos resíduos dessa central, e os resíduos em bruto quando impossibilidade de tratamento nessas instalações ou por paragens pré-determinadas para manutenção das mesmas.

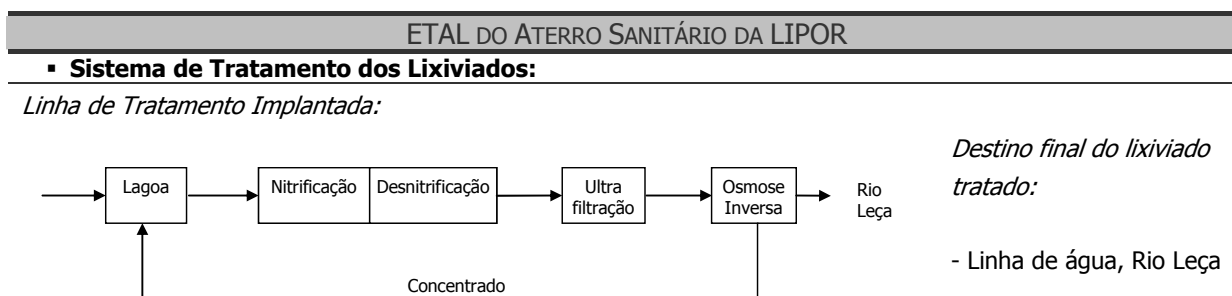
Quadro 4.9. Caracterização geral da ETAL da Lipor.

ETAL DO ATERRO SANITÁRIO DA LIPOR

▪ **Sistema de Tratamento dos Lixiviados:**

Linha de Tratamento Implantada:

Destino final do lixiviado tratado:

- Linha de água, Rio Leça

Descrição do tratamento:

- Os lixiviados provenientes da lagoa de retenção/estabilização são submetidos a um tratamento biológico com nitrificação-desnitrificação seguindo-se um processo de ultrafiltração e osmose inversa. O efluente tratado é descarregado no Rio Leça.

▪ **Caracterização do lixiviado** (Caudal [m³/dia], pH [-],Concentrações médias [mg/l], CQO/CBO₅ [-])				▪ **Eficiência do Tratamento (%)**	
Afluente:		*Efluente final:*			
Caudal (m^3/dia):	50	Caudal (m^3/dia):	35		
pH:	8,0	pH:	8,4		
CBO_5 (mgl/l):	s.d.	CBO_5 (mgl/l):	5,6	CBO_5 (%):	s.d.
CQO (mg/l):	6500	CQO (mg/l):	6,9	CQO (%):	99 %
SST (mgl/l):	s.d.	SST (mgl/l):	5,3	SST (%):	s.d.
N_{Total} (mgl/l):	719	N_{Total} (mgl/l):	4,7	N_{Total} (%):	99 %
CQO/CBO_5	s.d.				

Observações:
A Lipor dispõe de ETAL desde a entrada do aterro em exploração, e até à data o sistema de tratamento implantado não sofreu alterações.

Segundo informações recolhidas durante a visita à Lipor, não estão previstas quaisquer remodelações no sistema de tratamento implantado.

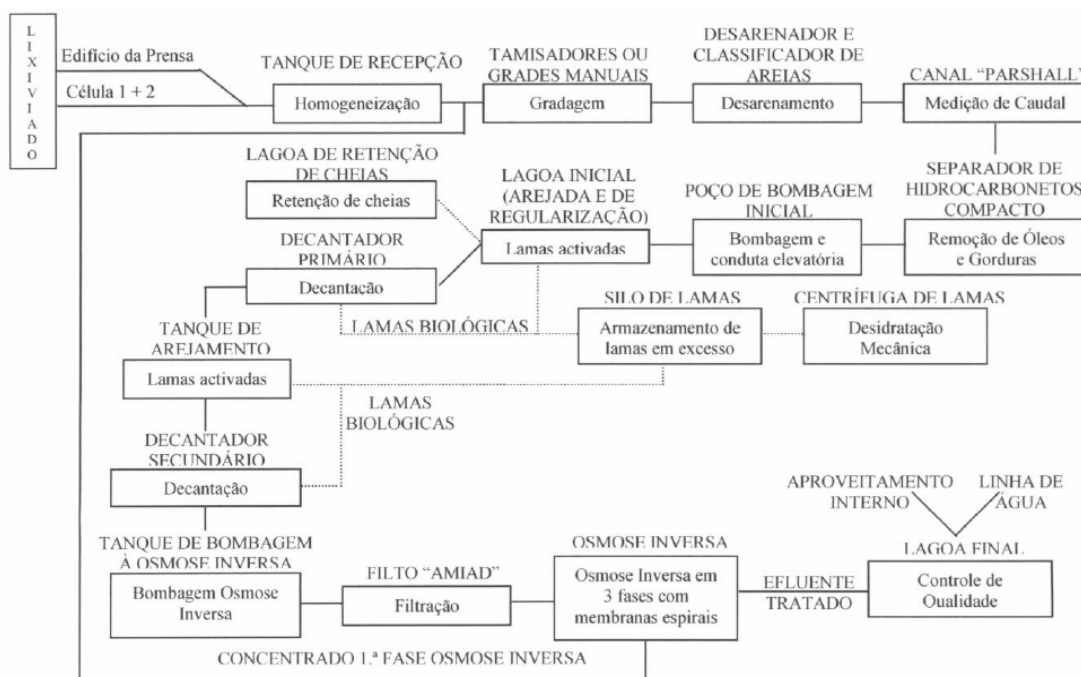
4.8.10 RAIA-PINHAL (ZAGOPE)

A Zagope gere o aterro sanitário da Raia Pinhal (em Castelo-Branco), e a respectiva ETAL, servindo os municípios de Castelo Branco, Idanha-a-Nova, Oleiros, Proença-a-Nova, Vila Velha de Rodão e Sertã, 6 no total. Este Sistema dispõe ainda de 2 ET (Idanha-À-Nova e Pronça-à-Nova) donde, embora não tenha sido facultada informação precisa sobre o destino dos seus lixiviados, os mesmos não são encaminhados para a ETAL.

Quadro 4.10. Caracterização geral da ETAL da Raia-Pinhal-Zagope.

ETAL DO ATERRO SANITÁRIO DA RAIA PINHAL-ZAGOPE

▪ **Sistema de Tratamento dos Lixiviados:**

Linha de Tratamento Implantada:

Destino final do lixiviado tratado:

- Linha de água (ou aproveitamento interno)

Descrição do tratamento:

- O sistema de tratamento da ETAL da Raia Pinhal consiste num tratamento por lagoa de arejamento e regularização, tratamento biológico por lamas activadas em arejamento prolongado e osmose inversa. A montante da osmose inversa existe um pré-tratamento por filtros de areia e filtros de cartucho. As lamas produzidas são espessadas, desidratadas e posteriormente depositadas em aterro. O concentrado proveniente do tratamento por osmose inversa é recirculado para o aterro.

▪ **Caracterização do lixiviado** (Caudal [m^3/dia], pH [-],Concentrações médias [mg/l], CQO/CBO_5 [-])					
Afluente:		*Efluente final:*		▪ **Eficiência do Tratamento (%)**	
Caudal (m^3/dia):	44,2	Caudal (m^3/dia):	Variável		
pH:	7,95	pH:	7,7		
CBO_5 (mgl/l):	293	CBO_5 (mgl/l):	<10	CBO_5 (%):	96,6 %
CQO (mg/l):	5700	CQO (mg/l):	<10	CQO (%):	99,8 %
SST (mgl/l):	413	SST (mgl/l):	<5	SST (%):	98,8 %
N_{Total} (mgl/l):	s.d.	N_{Total} (mgl/l):	11	N_{Total} (%):	s.d. %
CQO/CBO_5	s.d.				

Observações:

A ETAL da Raia Pinhal encontra-se funcionar deste a entrada do aterro em exploração tendo, no entanto, já sofrido diversas alterações. Em 2004, com vista à optimização da ETAL, foi incluído no pré-tratamento com remoção de sólidos, areias, óleos e gorduras, arejamento prolongado numa lagoa, a construção de uma lagoa de retenção (contenção de cheias), introduzido o tratamento terciário por osmose inversa, e ainda a incorporação de uma lagoa final para o controlo do efluente tratado. Paralelamente, foi ainda instalado uma unidade de desidratação de lamas. Nenhuma destas alterações estava prevista inicialmente.

Como se pode observar na linha de tratamento implantada, ainda a montante da lagoa inicial, existe um pré-tratamento do lixiviado com gradagem mecânica, desarenador e um separador de hidrocarbonetos. Anteriormente a Raia-Pinhal recorria ao enfardamento, e encaminhava os lixiviados directamente para a ETAL, obrigando à remoção de sólidos grosseiros à cabeça da estação. Este método de deposição foi substituído pela deposição a granel, pelo que este pré-tratamento foi desactivado.

A Raia-Pinhal (Zagope) não prevê quaisquer alterações e/ou remodelações sobre a linha de tratamento actualmente em funcionamento na ETAL do aterro sanitário de Castelo Branco.

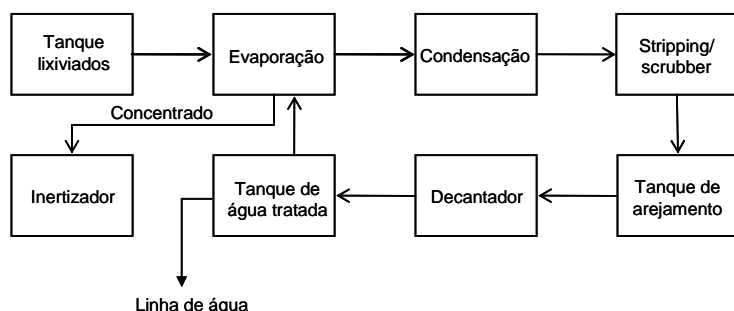
4.8.11 RESÍDUOS DO NORDESTE

O Sistema Resíduos do Nordeste abrange 13 municípios: Mirandela, Alfândega da Fé, Vila Flor, Macedo de Cavaleiros, Carrazedo de Ansiães, Bragança, Miranda do Douro, Vimioso, Vinhais, Mojadouro, Freixo de Espada à Cinta, Vila Nova da Foz Côa e Torre de Moncorvo. Este sistema é responsável por 13 lixeiras encerradas, 4 ET, e 1 aterro sanitário em exploração (Urjais). Este aterro possui uma ETAL para o tratamento das águas lixiviantes. Os lixiviados produzidos nas ET e as águas residuais provenientes das instalações sanitárias e de lavagem das viaturas são enviadas para ETAR.

Quadro 4.11. Caracterização geral da ETAL dos Resíduos do Nordeste.

ETAL DO ATERRO SANITÁRIO DOS RESÍDUOS DO NORDESTE

▪ **Sistema de Tratamento dos Lixiviados:**

Linha de Tratamento Implantada:

Destino final do lixiviado tratado:

- Linha de água

Descrição do tratamento:

- O tratamento do lixiviado na ETAL da Resíduos do Nordeste na alimentação ao tanque de lixiviado) com dosificação de ácido sulfúrico, anti-espumante e anti-incrustante antes do processo de evaporação. Seguidamente procede-se à condensação do lixiviado, com obtenção de um destilado, ao qual é adicionado hidróxido de sódio. O lixiviado segue para um Stripping / Scrubber antes de ser encaminhado para o tratamento biológico por lamas activadas (tanque de arejamento e decantador), onde previamente de faz uma correcção de pH (com a adição de ácido sulfúrico). O efluente tratado é armazenado num tanque e descarregado em linha de água. Os concentrados produzidos na evaporação do lixiviado sofrem um processo de estabilização/solidificação, com a adição de cal viva para a desidratação. A mistura é efectuada num reactor/misturador obtendo-se desta forma a inertização dos concentrados, com um produto final devidamente inertizado.

▪ **Caracterização do lixiviado**
(Caudal [m^3/dia], pH [-],Concentrações médias [mg/l], CQO/CBO_5 [-])

Afluente:		*Efluente final:*		▪ **Eficiência do Tratamento (%)**	
Caudal (m^3/dia):	27,6	Caudal (m^3/dia):	2,75		
pH:	8,2	pH:	s.d.		
CBO_5 (mgl/l):	100	CBO_5 (mgl/l):	8	CBO_5 (%):	92,0 %
CQO (mg/l):	6131	CQO (mg/l):	30	CQO (%):	99,5 %
SST (mgl/l):	416	SST (mgl/l):	12	SST (%):	97,1 %
N_{Total} (mgl/l):	5147	N_{Total} (mgl/l):	42	N_{Total} (%):	99,2 %
CQO/CBO_5	s.d.				

Observações:

O caudal do lixiviado tratado é bastante inferior ao caudal do lixiviado bruto. Esta diferença deve-se ao facto de se utilizar o lixiviado tratado para a alimentação da torre de refrigeração e lavagem das instalações, o que corresponde a sensivelmente 90% de reutilização do lixiviado tratado.

Dado o sistema implantado ser um processo complexo, e tendo sido simplificado esquematicamente a linha de tratamento, no Anexo G poderá ser consultado um esquema mais completo do sistema implantado.

4.8.12 VALE DO DOURO NORTE

A Vale do Douro Norte serve 7 municípios: Vila Real, Alijó, Peso da Régua, Sabrosa, Murça, Santa Marta de Penaguião e Mesão Frio, e é responsável por 10 lixeiras encerradas e 1 aterro sanitário em exploração, o aterro sanitário de Vila Real. Este sistema não enviou, até à data de conclusão deste estudo, o Questionário 2, motivo pelo qual não foi possível uma análise aprofundada deste

Sistema. No entanto com o Questionário 1, com a visita efectuada, e com o recurso a bibliografia, foi possível reunir um conjunto de dados, os quais permitiram a análise que se segue.

Quadro 4.12. Caracterização geral da ETAL da Vale do Douro Norte.

ETAL DO ATERRO SANITÁRIO DA VALE DO DOURO NORTE

- **Sistema de Tratamento dos Lixiviados:**

Linha de Tratamento Implantada:

Destino final do lixiviado tratado:

- linha de água

Descrição do tratamento:

- A ETAL da Vale do Douro Norte apresenta tratamento por lagoa de arejamento e tratamento físico-químico. O efluente tratado em encaminhado para uma caixa de visita, segue por colectores e é encaminhado posteriormente para a linha de água.

- **Caracterização do lixiviado**

(Caudal [m^3/dia], pH [-],Concentrações médias [mg/l], CQO/CBO_5 [-])

Afluente:		*Efluente final:*		**Eficiência do Tratamento (%)**	
Caudal (m^3/dia):	228	Caudal (m^3/dia):	s.d.		
pH:	s.d.	pH:	s.d.		
CBO_5 (mgl/l)	7579	CBO_5 (mgl/l)	2670	CBO_5 (%):	64,8 %
CQO (mg/l):	12257	CQO (mg/l):	6145	CQO (%):	49,9 %
SST (mgl/l):	324	SST (mgl/l):	145	SST (%):	55,3 %
N_{Total} (mgl/l):	2710	N_{Total} (mgl/l):	930	N_{Total} (%):	65,7 %
CQO/CBO_5	s.d.				

Observações:

De referir que o processo de desidratação mecânica de lamas foi desactivado face aos elevados consumo de água inerentes, e ao facto de o furo de abastecimento não ter capacidade.

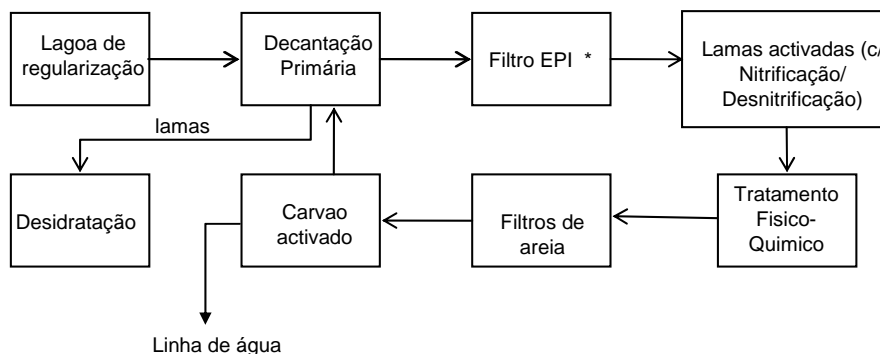
Está em estudo a substituição da actual ETAL da Vale do Douro Norte, que se encontra neste momento desactivada.

4.8.13 RESIALENTEJO

Pelos motivos já expostos, o Sistema Resialentejo não foi incorporado no presente estudo. No entanto, foi possível visitar ETAL e as restantes instalações do aterro, situado no parque ambiental da Amalga, em Beja, e recolher algumas informações, para além do recurso à informação na bibliografia. Tendo como objectivo o diagnóstico da situação actual em matéria de lixiviados foi possível reunir um conjunto de dados, permitindo a análise que se segue.

Para a ETAL do aterro de Beja afluem os lixiviados produzidos no aterro, as águas residuais domésticas produzidas nas instalações de apoio do aterro, as águas residuais de lavagens (da unidade de lavagem de rodados, da fossa de manutenção de equipamentos mecânicos no interior da oficina, da zona do posto de combustível e da plataforma de lavagem de equipamentos). As águas de lavagem, antes de encaminhadas para a ETAL, são conduzidas a um separador de óleos e areias.

Quadro 4.13. Caracterização geral da ETAL da Resialentejo.

ETAL DO ATERRO SANITÁRIO DA RESITEJO
▪ **Sistema de Tratamento dos Lixiviados:**
Linha de Tratamento Implantada:
Descrição do tratamento: - A ETAL, dimensionada para um caudal médio diário de 16,5 m^3/dia é constituída pelas seguintes etapas: lagoa de regularização, decantação primária com injecção de reagentes, filtro EPI (filtro de areia com ventilação forçada), sistema de nitrificação/desnitrificação por lamas activadas (com 2 SBR), tratamento físico-químico por coagulação/floculação com decantação, filtro de areia e filtros de carvão activado. Após tratamento, o efluente é rejeitado numa linha de água de um afluente ao Barranco do Louredo, na bacia hidrográfica do Guadiana. As lamas produzidas são sujeitas a espessamento e desidratação.
Observações: A eventual recirculação das águas residuais está prevista na licença ambiental cedida à Resialentejo, mediante determinadas condições.

Encontra-se em estudo a possibilidade incorporação de lagoas de macrófitas para afinação do efluente final.

4.8.14 RESITEJO

Pelos motivos já expostos, o Sistema Resitejo não foi incorporado no presente estudo. À semelhança da Resitejo foi possível visitar ETAL e as restantes instalações do aterro, situado na Chamusca, bem como recolher algumas informações sobre a ETAL, embora em menor quantidade.

O Sistema é responsável por 22 lixeiras encerradas e por 1 aterro sanitário em exploração, o aterro sanitário do Arrepiado. O Aterro recebe os resíduos dos concelhos de Alcanena, Chamusca, Constância, Entroncamento, Ferreira do Zêzere, Golegã, Santarém, Tomar, Torres Novas e Vila Nova da Barquinha e dos campos Militares de Santa Margarida e Tancos.

O sistema projectado e construído da ETAL da RESITEJO (Lagoa de Arejamento + Filtro EPI + Tratamento Físico-Químico) enconttra-se actualmente inoperacional por não cumprir os parâmetros de descarga em linha de água.

De acordo com a Resitejo está actualmente está em aprovação na APA um sistema alternativo por electro-coagulação e osmose inversa que está a ser desenvolvido pela RIBTEJO (aterro para resíduos industriais não perigosos da Chamusca) conjuntamente com a COMEL.

Aquando da visita à Resitejo, foi também visitado o aterro da Ribtejo e a respectiva ETAL. Esta ETAL possui um sistema de lagoas seguido de electro-coagulação e osmose inversa, pretendendo a Resitejo, com a aprovação do sistema alternativo em processo na APA, incorporar o tratamento dos lixiviados do aterro da Resitejo na ETAL da Ribtejo.

4.9 PROPOSTA DE INDICADORES DE DESEMPENHO DA GESTÃO DOS LIXIVIADOS

Como se referiu na metodologia, um dos objectivos deste trabalho de investigação consistiu no desenvolvimento conceptual de um conjunto de indicadores de desempenho, que permitam uma análise comparativa entre os sistemas de gestão de lixiviados dos vários SMAUT e facilitem a identificação dos aspectos mais críticos da gestão dos lixiviados.

Igualmente referido na metodologia, os indicadores que de seguida se apresentam tiveram por base a estrutura dos indicadores de desempenho desenvolvidos para os serviços de abastecimento de água e para os serviços de águas residuais, publicados na Série Guias Técnicos do IRAR (Alegre *et al.*, 2004; Matos *et al.*, 2004).

Convém, no entanto, deixar claro que os indicadores desenvolvidos para os serviços de águas e águas residuais foram concebidos para avaliar o desempenho da entidade gestora que fornece estes serviços, ou seja, o desempenho do conjunto das suas actividades e áreas de intervenção. No caso da presente investigação, o objectivo é mais restrito. O que se pretende avaliar é uma das actividades da entidade gestora - a gestão de lixiviados que se produzem nas suas infra-estruturas de confinamento - e não o desempenho global da entidade gestora.

Os indicadores propostos por Matos *et al.* (2004), para o caso dos serviços de águas residuais, foram organizados em seis grupos de indicadores: ambientais, de recursos humanos, infra-estruturais, operacionais, de qualidade do serviço e económico-financeiros.

De acordo com Matos *et. al.* (2004), os indicadores infra-estruturais desenhados para os serviços de águas residuais "(...) destinam-se a avaliar se as infra-estruturas de drenagem e tratamento da água residual ainda dispõem de capacidade suficiente para operarem correctamente e em segurança (...), sendo considerada a utilização de tratamento preliminar, primário, secundário e terciário, bem como o grau de sobrecarga dos colectores". No entanto, estes indicadores originais não se adaptam directamente ao caso das ETAL, pelo que não foram considerados nesta proposta.

Procurou-se organizar a informação recolhida dos questionários enviados aos SMAUT, por estes cinco grupos de indicadores (excluíram-se os infra-estruturais), procedendo-se às necessárias adaptações e alterações ao caso de estudo, nomeadamente às características das infra-estruturas em análise, às exigências legais aplicáveis e à disponibilidade e qualidade dos dados recolhidos.

Para além destes cinco grupos de indicadores de desempenho, foi ainda introduzido um novo grupo, os indicadores de opinião dos inquiridos relativamente ao funcionamento da ETAL. Embora não sejam indicadores de desempenho, traduzem a percepção dos responsáveis ou técnicos sobre a adaptabilidade da linha de tratamento e funcionamento da ETAL à quantidade e qualidade do lixiviado a tratar.

Todos os indicadores de desempenho, à excepção dos de opinião, traduzem, quase sempre, rácios entre variáveis e deverão estar referenciados ao período de um ano.

Deste modo, os grupos de indicadores propostos são os seguintes:

- Indicadores ambientais. Incluem-se neste grupo indicadores que permitem avaliar o desempenho da entidade gestora relativamente ao impacte ambiental da ETAL, designadamente: o número de infra-estruturas de confinamento servidas por ETAL; o tipo de destino dado aos lixiviados; a conformidade com as medidas de controlo e monitorização ambiental (Decreto-Lei n.º 152/2002, de 23 de Maio e Licenças Ambientais) e as normas de descarga das águas residuais (Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto); a reutilização de lixiviados tratados; a produção e destino das lamas e dos concentrados. Ainda dentro deste grupo incluíram-se indicadores que, embora não directamente relacionados com o funcionamento da ETAL, traduzem as condições a montante e que poderão influenciar o funcionamento da ETAL, nomeadamente: o volume de lixiviados produzidos por hectare de aterro e por volume de resíduos depositados; o volume anual de lixiviados por volume de precipitação; a percentagem de RUB nos resíduos depositados; o volume de lixiviados produzidos por tonelada de resíduo depositado por ano.
- Indicadores de recursos humanos. Neste grupo incluem-se alguns indicadores que permitem avaliar o número e qualidade dos recursos humanos directamente afectos à operação e manutenção das ETAL, nomeadamente o número, qualificação e formação dos operadores das ETAL;
- Indicadores operacionais. Neste grupo de indicadores, destinados a avaliar o desempenho das actividades de operação e manutenção, consideraram-se os aspectos relacionados com a recirculação de lixiviados, a frequência de descarga de tempestade, as avarias/problemas, as análises realizadas, os consumos e os fornecimentos;
- Indicadores económico-financeiros. As variáveis de base recolhidas por questionário não permitem uma análise completa do desempenho económico-financeiro da gestão dos

lixiviados, pelo que neste grupo de indicadores apenas se incluem o custo unitário total de tratamento, de correntes e de capital, por volume de lixiviado tratado, o investimento unitário, o investimento unitário de expansão/substituição, as amortizações (em 2006), e a composição dos custos relativa às componentes pessoal, serviços externos, energia e outros custos correntes;

- Indicadores de qualidade do serviço. No caso dos serviços de águas residuais, os indicadores deste grupo dizem respeito ao nível da cobertura do serviço, de inundações e de relacionamento com os clientes (Matos *et al.*, 2004). No caso particular do desempenho da gestão dos lixiviados, considerou-se dentro deste grupo de indicadores o número de infra-estruturas de confinamento com tratamento ou pré-tratamento de lixiviados em ETAL, o volume de lixiviados tratados em ETAL, o registo de ocorrências, as eficiências de tratamento, o número de parâmetros abaixo dos valores limite de descarga (inconformidaddes);
- Indicadores de opinião. Indicadores que traduzem e medem a opinião dos inquiridos relativamente ao grau de adequação da linha de tratamento à quantidade e qualidade do lixiviado afluente, às necessidades de remoção face ao tipo de receptor, às actividades que se desempenham diariamente na exploração da ETAL, à adequação do número de operadores e a percepção global sobre o funcionamento da ETAL. Para algumas das questões, optou-se por utilizar uma escala de Likert, de 5 pontos, para a medição destas variáveis de opinião (consultar Ficha D6, do Questionário 2, questões 1 e 2).

Para além destes indicadores foram ainda consideradas neste estudo algumas variáveis que traduzem informação de contexto, nomeadamente a área e o volume ocupado pelas infra-estruturas de confinamento de cada um dos SMAUT, a área e o volume das infra-estruturas de onde provêm os lixiviados tratados na ETAL, a precipitação média anual, a quantidade de resíduos depositados nas infra-estruturas de onde provêm os lixiviados e a quantidade de RUB dos resíduos depositados.

Nos quadros que se apresentam de seguida, listam-se os indicadores seleccionados para cada um dos grupos de indicadores de desempenho e a informação de contexto descritos, especificando-se as unidades em que são expressos, o método de cálculo e as variáveis (*i.e.* as questões dos Questionários) que servirão de base ao seu cálculo. São ainda feitas algumas observações necessárias para a compreensão dos mesmos.

A) INFORMAÇÃO DE CONTEXTO

Neste grupo de indicadores considerou-se importante o registo do número total de infra-estruturas de confinamento, encerradas ou em exploração, existentes na área de actuação dos SMAUT, bem como a sua distribuição percentual por tipo de infra-estrutura, por área e por

volume. Esta informação de base apenas é relevante para um melhor enquadramento dos SMAUT.

Já em relação à informação sobre a área e volume das infra-estruturas de onde provêm os lixiviados tratados na ETAL, bem como a precipitação média anual, a quantidade de resíduos depositados na infra-estrutura de onde provêm os lixiviados e a percentagem de RUB desses resíduos, a sua importância reside no facto de serem variáveis utilizadas no cálculo de alguns dos indicadores de desempenho que se propõe nos quadros que se seguem.

Por fim, considerou-se ainda de interesse incluir neste grupo de indicadores informação relativa à inclusão ou não da ETAL no projecto de aterro e conformidade da construção da ETAL com o projecto inicial.

De salientar que nem todas as lixeiras municipais identificadas por ocasião da elaboração do PERSU I (Lobato Faria *et al.*, 1997), foram "herdadas" pelos SMAUT que integram os respectivos municípios. Na realidade este é um dos problemas identificados no decurso deste projecto de investigação. Dependendo dos contratos de concessão, alguns SMAUT ficaram responsáveis pelas operações de encerramento e saneamento ambiental de todas ou algumas lixeiras existentes nos seus municípios, mas a responsabilidade pelo seu controlo e monitorização não se encontra perfeitamente definida. Nem na legislação em vigor, uma vez que o Decreto-Lei n.º 152/2002, de 23 de Maio, se aplica apenas a aterros, nem nos contratos de concessão dos SMAUT.

O que se verificou na prática é que alguns SMAUT fazem uma gestão dos lixiviados produzidos nas antigas lixeiras muito semelhante à dos aterros, seguindo os procedimentos de controlo e monitorização estipulados na legislação para aterros encerrados, e que outros consideram que a responsabilidade por estas tarefas é dos respectivos municípios. Por seu turno, a partir do momento em que foram constituídos os SMAUT, os municípios dedicaram-se mais à recolha e transporte dos RSU e divorciaram-se da sua valorização e eliminação, assumindo que estas componentes do sistema de gestão de RSU ficariam a cargo dos SMAUT.

Verificam-se algumas situações de aterros localizados ao lado de antigas lixeiras, em que os aterros obedecem a todos os requisitos legais de controlo, monitorização, tratamento e destino final dos lixiviados, e que a lixeira apresentam escorrências e infiltrações de lixiviados sem qualquer controlo e tratamento, suspeitando-se que poderão ser um foco de contaminação das águas subterrâneas.

Esta é pois uma área que carece de alguma tomada de posição por parte do organismo da tutela, pois neste momento, e apesar de se encontrarem seladas, muitas lixeiras continuam a ser um foco de poluição ambiental e de risco para a saúde pública.

Quadro 4.14. Informação de contexto.

Informação de contexto	Unidades	Forma de cálculo	Fontes de informação/ observações
Número total de infra-estruturas de confinamento	Nº	Contabilização de todas as lixeiras e vazadouros encerrados, aterros encerrados ou em exploração, existentes no SMAUT	Ficha A-Q5 – Infra-estruturas existentes para a gestão dos RSU
Percentagem de lixeiras e vazadouros	(%)	N.º total de lixeiras e vazadouros existentes no SMAUT/N.º total de infra-estruturas de confinamento existentes no SMAUT x 100	Ficha A-Q5 – Infra-estruturas existentes para a gestão dos RSU
Percentagem de aterros encerrados	(%)	N.º total de aterros encerrados / N.º total de infra-estruturas de confinamento existentes no SMAUT x 100	Ficha A-Q5 – Rácio entre a área total ocupada pelos resíduos depositados em lixeiras e vazadouros e a área total ocupada por todas as infra-estruturas de confinamento do SMAUT
Percentagem de aterros em exploração	(%)	N.º total de aterros em exploração / N.º total de infra-estruturas de confinamento existentes no SMAUT x 100	Ficha A-Q5 – Infra-estruturas de confinamento existentes para a gestão dos RSU
Área total ocupada pelas infra-estruturas de confinamento	(ha)	Superfície total ocupada pelos resíduos depositados nas infra-estruturas de confinamento	Ficha B2.1-Q7 - Superfície ocupada pelos resíduos
Percentagem de área ocupada pelas lixeiras e vazadouros	(%)	Área total ocupada por lixeiras e vazadouros (ha) /Área total ocupada pelas infra-estruturas de confinamento (ha) x 100	Ficha A-Q5; Ficha A-Q6 – Rácio entre a área total de ocupada pelos resíduos depositados em lixeiras e vazadouros e a área total ocupada por todas as infra-estruturas de confinamento do SMAUT
Percentagem de área ocupada pelos aterros encerrados	(%)	Área total de aterros encerrados (ha) /Área total ocupada pelas Infra-estruturas de confinamento (ha) x 100	Ficha A-Q5; Ficha A-Q6 – Rácio entre a área total de aterros encerrados e a área total ocupada por todas as infra-estruturas de confinamento do SMAUT
Percentagem de Área ocupada pelos aterros em exploração	(%)	Área total de aterros em exploração (ha) /Área total ocupada pelas Infra-estruturas de confinamento (ha) x 100	Ficha A-Q5; Ficha A-Q6 – Rácio entre a área total de aterros em exploração e a área total ocupada por todas as infra-estruturas de confinamento do SMAUT
Volume total de resíduos depositados em infra-estruturas de confinamento	(m^3)	Volume total de RSU depositados nas infra-estruturas de confinamento (até ao final de 2006)	Ficha B2.1 – Q8
Percentagem do volume de resíduos depositados em lixeiras e vazadouros	(%)	Volume total de RSU depositados em lixeiras e vazadouros (m^3) / Volume total de RSU depositados em todas as Infra-estruturas de confinamento (m^3) x 100	Ficha A-Q5; Ficha A-Q6 – Rácio entre o volume total de resíduos depositados nas lixeiras e vazadouros e o volume total de resíduos de todas as infra-estruturas de confinamento do SMAUT
Percentagem do volume de resíduos depositados em aterros encerrados	(%)	Volume total de RSU depositados em aterros encerrados (m^3) / Volume total de RSU depositados em todas as infra-estruturas de confinamento (m^3) x 100	Ficha A-Q5; Ficha A-Q6 – Rácio entre o volume total de RSU depositados em aterros encerrados e o volume total de resíduos de todas as infra-estruturas de confinamento do SMAUT

(continua)

Quadro 4.14. Informação de contexto (continuação).

Informação de contexto	Unidades	Forma de cálculo	Fontes de informação/ observações
Percentagem do volume de resíduos depositados em aterros em exploração	(%)	Volume total de RSU depositados em aterros em exploração (m^3) / Volume total de RSU depositados em todas as infra-estruturas de confinamento (m^3) x 100	Ficha A-Q5; Ficha A-Q6 – Rácio entre o volume total de RSU depositados em aterros em exploração e o volume total de resíduos de todas as infra-estruturas de confinamento do SMAUT
Área da(s) infra-estrutura(s) de onde provêm os lixiviados tratados na ETAL	(ha)	Área da(s) infra-estrutura(s) de onde provêm os lixiviados tratados na ETAL	Ficha B2.1-Q7 Contabilizar apenas a área ocupada pela deposição dos RSU.
Volume da infra-estrutura de onde provêm os lixiviados tratados na ETAL	(m^3)	Volume da(s) infra-estrutura(s) de confinamento de onde provêm os lixiviados tratados na ETAL (até ao final de 2006)	Ficha B2.1-Q8 Contabilizar o volume ocupado à deposição dos RSU, incluindo as terras de cobertura
Precipitação média anual	(mm)	Precipitação média anual no local de implementação da infra-estrutura de onde provêm os lixiviados	Ficha B2.1-Q16
Quantidade de resíduos depositados na(s) infra-estrutura(s) de onde provêm os lixiviados	(t)	Quantidade de resíduos depositados na(s) infra-estrutura(s) de onde provêm os lixiviados, desde o início da deposição até ao final de 2006	Ficha B2.1-Q12
Percentagem de RUB dos resíduos de onde provêm os lixiviados	(%)	Percentagem de RUB depositados na(s) infra-estrutura(s) de onde provêm os lixiviados	Ficha B2.1-Q15 Utilizar o valor relativo ao último ano em que se fizeram caracterizações físicas aos RSU
Incorporação de ETAL no projecto do Aterro	(-)	Indicar se a ETAL foi incluída ou não no projecto da(s) infra-estrutura(s) de onde provêm os lixiviados	Ficha B3.1-Q7 Pretende-se verificar se a construção da ETAL já se encontrava prevista no projecto do aterro
Conformidade de construção de ETAL com o projecto	(-)	Indicar se a construção da ETAL se encontra conforme ou não com o projecto da ETAL	Ficha B3.1-Q7 Pretende-se verificar se o que foi construído corresponde ao projectado

B) INDICADORES AMBIENTAIS

Neste grupo de indicadores incluiu-se a informação relativa à percentagem de infra-estruturas de confinamento cujos lixiviados são conduzidos para ETAL, a distribuição percentual dos diferentes destinos possíveis para os lixiviados (*i.e.* linha de água, rede municipal, ETAR municipal ou destino desconhecido).

Um conjunto importante de indicadores deste grupo são os relativos às inconformidades (percentagem de inconformidades), desagregadas nas diferentes área de controlo e monitorização previstas na legislação, nomeadamente o controlo de lixiviados, das águas subterrâneas, das águas superficiais, das bacias de lixiviados e outros requisitos.

De referir que no caso dos indicadores de inconformidade, e para cada uma das áreas objecto de monitorização, deverão ser contabilizados o número total de conformidades (*i.e.* medidas, parâmetros ou requisitos) exigidas na legislação, e recolhidas pelos Questionários 1 e 2, tendo em atenção se se trata de um aterro em exploração ou encerrado, já que a periodicidade e os parâmetros a medir são diferentes.

Para o cálculo da percentagem e número de inconformidade deverão ser contabilizados o número de não verificações dentro de cada uma das áreas de conformidade referidas.

Fazem igualmente parte das conformidades, embora estejam identificados à parte, a posse de licença de exploração e de licença ambiental.

Ainda dentro dos indicadores ambientais considerou-se relevante a informação relativa à percentagem de lixiviado tratado reutilizado, a produção anual de lamas, o destino das lamas, a produção de concentrados e o seu destino.

Considerou-se igualmente de interesse a determinação do indicador percentagem anual de lixiviado face à precipitação anual. A forma como se sugere que seja calculado este indicador, traduz a percentagem de precipitação equivalente à produção de lixiviados. Este valor é indicado em várias obras de referência como um valor que permite estimar o volume de lixiviados produzidos num aterro, pelo que terá interesse comparar os nossos valores com os da literatura.

A produção de lixiviados por hectare e por volume de aterro, são igualmente indicadores utilizados para estimar a quantidade de lixiviados produzidos num aterro, pelo que têm igual interesse para efeitos de comparação dos dados reais com os teóricos.

Quadro 4.15. Indicadores ambientais.

Indicadores ambientais	Unidades	Forma de cálculo	Fontes de informação/ observações
Percentagem de infra-estruturas de confinamento cujos lixiviados são conduzidos para ETAL	(%)	N.º Total de infra-estruturas de que descarregam os lixiviados produzidos em ETAL (tratamento em ETAL) / N.º total de infra-estruturas que produzem lixiviados x100	Ficha A-Q5; Ficha A-Q6
Percentagem de infra-estruturas cujo destino dos lixiviados é a linha de água	(%)	N.º total de infra-estruturas que descarregam os lixiviados em linha de água / N.º total de infra-estruturas que produzem lixiviados x100	Ficha A-Q5; Ficha A-Q6
Percentagem de infra-estruturas cujo destino dos lixiviados é a rede municipal	(%)	N.º total de infra-estruturas que descarregam os lixiviados na rede municipal de drenagem / N.º total de infra-estruturas que produzem lixiviados x100	Ficha A-Q5; Ficha A-Q6

(continua)

Quadro 4.15. Indicadores ambientais. (continuação)

Indicadores ambientais	Unidades	Forma de cálculo	Fontes de informação/ observações
Percentagem de infra-estruturas cujo destino dos lixiviados é ETAR municipal	(%)	N.º total de infra-estruturas que descarregam os lixiviados na rede municipal de drenagem / N.º total de infra-estruturas que produzem lixiviados x100	Ficha A-Q5; Ficha A-Q6
Percentagem de infra-estruturas cujo destino dos lixiviados é desconhecido (por falta de informação)	(%)	N.º total de Infra-estruturas que produzem lixiviados sem informação sobre o seu destino / N.º total de infra-estruturas que produzem lixiviados x100	Ficha A-Q5; Ficha A-Q6
Percentagem de inconformidades relativas ao controlo de lixiviados	(%)	Somatório de todas as inconformidades relativas ao controlo de lixiviados / somatório de todas as conformidades (58) x 100	Número total de conformidades = 1 medição mensal do volume de lixiviados (Q.2 C2.3) + 5 parâmetros a medir mensalmente (Q.2, D5.1) + 14 parâmetros a medir trimestralmente (Q.2, D5.1) + 35 parâmetros a medir semestralmente (Q.2, D5.1) + 1 medição quinzenal do nível de lixiviados (Q.2, D5.2) + 1 verificação da ocorrência de fugas (Q.1, B2.25)
Percentagem de inconformidades relativas ao controlo das águas subterrâneas	(%)	Somatório de todas as inconformidades relativas ao controlo das águas subterrâneas / somatório de todas as conformidades (51) x 100	Ficha Q.2, D5.2 Número total de conformidades = 1 colheita de amostras e análise dos piezómetros da rede de controlo e dos pontos de água subterrânea situados na área de influência potencial do aterro, antes da entrada em exploração (+ 3 número mínimo de piezómetros (verificação de um a montante e dois a jusante) + 3 parâmetros a medir mensalmente + 33 parâmetros a medir anualmente + 1 medição semestral obrigatória do nível piezométrico em todos os piezómetros da rede de controlo + 1 registo de variações significativas dos níveis freáticos
Percentagem de controlo das águas superficiais	(%)	Somatório de todas as inconformidades relativas ao controlo das águas superficiais / somatório de todas as conformidades (1) x 100	Ficha Q.2, D5.3 Número total de conformidades = 1 controlo trimestral em pelo menos dois pontos (um a montante e outro a jusante)
Percentagem de conformidades das bacias de lixiviados	(%)	Somatório de todas as inconformidades relativas ao controlo das águas superficiais / somatório de todas as conformidades (1) x 100	Ficha Q.2, D5.3 Número total de conformidades = 1 controlo diário da capacidade disponível na bacia dos lixiviados
Percentagem de conformidades relativa a outros requisitos	(%)	Somatório de todas as inconformidades relativas a outros requisitos / somatório de todas as conformidades (3) x 100	Número total de conformidades = 1 manual de exploração (operação, Ficha D7, Q.4) + 1 licença de exploração do aterro (B2.1, Q2) + 1 licença ambiental (D5.1, Q7)
Percentagem de reutilização do lixiviado tratado	(%)	Quantidade de lixiviado reutilizado / quantidade de lixiviado produzido	Ficha D4.1, Q4.1

(continua)

Quadro 4.15. Indicadores ambientais. (continuação)

Indicadores ambientais	Unidades	Forma de cálculo	Fontes de informação/ observações
Produção de lamas	t/ano	Quantidade de lamas produzidas por ano	Ficha D4.1, Q.5.1
Teor de matéria seca das lamas	(%)	Teor em matéria seca das lamas produzidas	Ficha D4.1, Q.5.2
Destino das lamas	(-)	Indicar se o destino das lamas é outros operadores de resíduos ou outros destinos	Ficha D4.1, Q.5.3
Produção de concentrado	m^3/ano	Volume de concentrados produzidas por ano	Ficha D4.1, Q.6.3
Destino concentrado	(-)	Indicar se o destino dos concentrados é: recirculação; deposição directa em aterro; inertização seguida de deposição em aterro; outros casos	Ficha D4.1, Q.6.2
Percentagem anual de lixiviado face à precipitação anual	(%)	Divisão do volume anual de lixiviado por ha, pelo volume anual de precipitação por ha	Ficha C2–Q3 e Ficha B2.1–Q16 A precipitação anual, expressa em *X* mm/ano, pode ser convertida em volume (m^3), porque os *X* mm correspondem à altura da água recebida numa área, ou seja, 1 hectare de aterro terá X mm de altura de água. Então, a quantidade anual de água da precipitação por hectare pode ser expressa em m^3.
Produção de lixiviados por ha de aterro (m^3/ha.ano)	(m^3/ha)	Produção média anual de lixiviados (m^3/ano) / Superfície ocupada pelos resíduos (ha/ano de 2006)	Ficha C2–Q3 e Ficha B2.1–Q8
Produção de lixiviados por m^3 de aterro (m^3/m^3.ano)	(m^3/m^3)	Produção média anual de lixiviados (m^3/ano) / Volume Precipitação média anual (mm/ano)	Ficha C2–Q7 e Ficha B2.1–Q8

C) Indicadores de Recursos Humanos

Relativamente aos recursos humanos, o Decreto-Lei nº 152/2002, de 23 de Maio, atribui à entidade licenciada para a exploração do aterro a obrigatoriedade de atribuir a direcção da exploração do aterro a um técnico com formação superior e experiência adequadas para o efeito, e assegurar formação e actualização profissional e técnica aos responsáveis dos aterros e respectivo pessoal.

Face ao tipo de questões colocadas nos questionários, os indicadores de recursos humanos propostos referem-se apenas ao número de operadores da ETAL, pois na Ficha D4.2 todas as questões foram feitas em relação aos operadores e não ao restante pessoal, directa ou indirectamente, envolvido na gestão dos lixiviados.

Quadro 4.16. Indicadores de recursos humanos.

Indicadores de recursos humanos (operadores)	Unidades	Forma de cálculo	Fontes de informação / Observações
N.º de operadores por volume total de lixiviado tratado	(N.º / m^3 x 10^3)	N.º total de operadores / caudal de lixiviado tratado (m^3) x1000	Ficha D4.2-Q1; Ficha D4.2-Q3; Ficha D3, Q.6.1 O número de operadores deverá ser transformado em operadores equivalente a tempo inteiro. O caudal deverá ser calculado para o ano
Percentagem de operadores do sexo feminino (%)	(%)	N.º total de operadores do sexo feminino / N.º total de operadores x100	Ficha D4.2-Q1
Percentagem de operadores com formação universitária (%)	(%)	N.º Total de operadores com formação universitária/ N.º total de operadores x100	Ficha D4.2-Q1; Ficha D4.2-Q1
Percentagem de operadores com ensino secundário (%)	(%)	N.º Total de operadores com ensino secundário / N.º total de operadores x100	Ficha D4.2-Q1; Ficha D4.2-Q2
Percentagem de operadores com outras qualificações (%)	(%)	N.º Total de operadores com outras qualificações / N.º total de operadores x100	Ficha D4.2-Q1; Ficha D4.2-Q2
Percentagem de operadores sem formação específica na área de operação em ETAL (%)	(%)	N.º Total de operadores sem formação específica na área de operação em ETAL/ N.º total de operadores x100	Ficha D4.2-Q1; Ficha D4.2-Q2
Tempo total de formação (h/empregado/ano)	(h/operador /ano)	Duração total anual das acções de formação (h/ano) / N.º total de operadores	Ficha D4.2-Q5

D) Indicadores Operacionais

Para os indicadores operacionais propõem-se o volume percentual de lixiviado tratado, ou seja a razão entre o caudal tratado e o produzido, a percentagem de recirculação de lixiviados, a frequência de descarga de tempestade, a frequência com que ocorrem avarias ou problemas, a percentagem de monitorizações realizadas face às exigidas, os consumos de água e os consumos de energia.

Quadro 4.17. Indicadores operacionais.

Indicadores de desempenho operacionais	Unidades	Forma de cálculo	Fontes de informação / Observações
Volume Percentual de Lixiviado (%)	(%)	Caudal de lixiviado tratado (m^3/ano) / Caudal de lixiviado produzido (m^3/ano) x100	Ficha D3-Q6.1 / Ficha D3-Q5.1
Percentagem de recirculação de lixiviados (%)	(%)	Percentagem de recirculação de lixiviados (%)	Ficha D3-Q4.1 - Percentagem de recirculação face ao caudal de lixiviado produzido Se não recircula: 0% Se não fornece dados: sd
Frequência de descarga de tempestade (nº vezes ano)	(n.º/ano)	Número médio de descarga de tempestade ocorridas durante o ano	Ficha D6-Q6 Frequência com que se recorre ao By-pass geral (nº vezes ano)

(continua)

Quadro 4.17. Indicadores operacionais (continuação)

Frequência com que ocorrem problemas operacionais	(escala de frequência 1 a 5)	Escala de frequência utilizada na Ficha D4.5-Q2	Ficha D4.5-Q1/2
Frequência com que ocorrem problemas logísticos	(escala de frequência 1 a 5)	Escala de frequência utilizada na Ficha D4.5-Q2	Ficha D4.5-Q1/2
Frequência com que ocorrem problemas com pessoal	(escala de frequência 1 a 5)	Escala de frequência utilizada na Ficha D4.5-Q2	Ficha D4.5-Q1/2
Frequência com que ocorrem outro tipo de problemas	(escala de frequência 1 a 5)	Escala de frequência utilizada na Ficha D4.5-Q2	Ficha D4.5-Q1/2
Inspecções de equipamentos	(n.º/ano)	Registo do número de inspecções realizadas anualmente aos equipamentos	Ficha D4.5-Q6
Monitorizações ao lixiviado afluente	(%)	Percentagem de análises realizadas face ao total exigido	5 parâmetros mensais (Q.2, D5.1) + 14 parâmetros trimestrais (Q.2, D5.1) + 35 parâmetros semestrais (Q.2, D5.1)
Monitorizações às águas subterrâneas (% de análises realizadas face ao total exigido)	(%)	Percentagem de análises realizadas face ao total exigido	3 parâmetros mensais + 33 parâmetros anuais
Consumo de água de abastecimento por m^3 de lixiviado tratado (m^3/m^3.ano)	(m^3/m^3 .ano)	Consumo de água de abastecimento público (m^3/ano) / Volume de lixiviado tratado (m^3/ano)	Ficha D4.3-Q1 / Ficha D3-Q6.1 (passar de m^3/dia para m^3/ano)
Consumo total de energia por m^3 de lixiviado tratado (kWh/m^3/ano	(kWh/m^3. ano)	Consumo total de energia (kWh/ano) / Volume de lixiviado tratado (m^3/ano)	Ficha D4.3-Q2 / Ficha D3-Q6.1 (passar de m^3/dia para m^3/ano)

E) Indicadores económico-financeiros

Os indicadores que se propõem no quadro que se segue, não traduzem os custos totais, nem todas as componentes de custo das ETAL, pois têm por base a informação recolhida do questionário 2, Ficha D4.4. No entanto permitem alguns valores de referência importantes para a comparação de custos entre as várias ETAL.

Para além dos custos unitários, sugere-se os indicadores relativos à composição de custo (i.e. pessoal, serviços externos, energia e outros custos correntes) e os indicadores de investimento.

Quadro 4.18. Indicadores económico-financeiros.

Indicadores de económico-financeiros	Unidades	Forma de cálculo	Fontes de informação / Observações
Custo unitário total (€/m3 de lixiviado tratado)	(€/m^3 de lixiviado tratado)	Custos totais (Correntes+Capital) anuais da ETAL (€) / Volume anual de lixiviado tratado (m^3)	Ficha D4.4-Q1, Ficha D4.4-Q2 e Ficha D3-Q6.1 Caudal médio do efluente tratado (passar de m^3/dia para m^3/ano : m^3/dia x 30 x12)
Custo unitário corrente (€/m3 de lixiviado tratado)	(€/m^3 de lixiviado tratado)	Custos correntes anuais da ETAL (€) / Volume anual de lixiviado tratado (m^3)	Ficha D4.4-Q2 e Ficha D3-Q6.1 Caudal médio do efluente tratado (passar de m^3/dia para m^3/ano : m^3/dia x 30 x12)
Custo unitário capital (€/m3 de lixiviado tratado)	(€/m^3 de lixiviado tratado)	Custos de capital anuais da ETAL (€) / Volume anual de lixiviado tratado (m^3)	Ficha D4.4-Q2 e Ficha D4.4-Q2

(continua)

Quadro 4.18 Indicadores económico-financeiros (continuação).

Composição dos custos			
Custo com pessoal (%)	%	Percentagem dos custos correntes imputáveis ao pessoal afecto a ETAL	Ficha D4.4 Percentagem dos custos correntes imputáveis ao pessoal afecto a ETAL
Custo de serviços externos	%	Percentagem dos custos correntes imputáveis a serviços externos à ETAL	Ficha D4.4
Custos de energia eléctrica	%	Percentagem dos custos correntes imputáveis ao encargo de energia em ETAL	Ficha D4.4 Percentagem dos custos correntes imputáveis ao encargo de energia em ETAL
Outros custos correntes	%	Percentagem dos custos correntes imputáveis a outros custos em ETAL	Ficha D4.4 Percentagem dos custos correntes imputáveis a outros custos em ETAL
Investimento unitário	(€/m^3 de lixiviado tratado)	Custo total dos investimentos em ETAL (instalações e equipamentos) (€) / Volume anual de lixiviado tratado (m^3)	Ficha D4.4-Q1.1 e Ficha D3-Q6.1
Taxa de comparticipação a fundo perdido do investimento inicial (%)	(%)	Valor reportado pelos inquiridos na Ficha D4.4-Q1.2	Ficha D4.4-Q1.2
Investimento de expansão/substituição	€/m^3 de lixiviado tratado)	Investimentos aplicados na expansão/substituição por m^3 de lixiviado tratado	Ficha D4.4-Q1.3 e Ficha D3-Q6.1
Custos de capital em 2006 (amortizações)	€/ano (2006)	Valor reportado pelos inquiridos na Ficha D4.4-Q1.5	Ficha D4.4-Q1.5

F) Indicadores de qualidade do serviço

Para os indicadores de qualidade do serviço propõe-se um indicador de cobertura do tratamento de lixiviados produzidos nas infra-estruturas de deposição, as eficiências de remoção dos principais parâmetros, a conformidade com os valores de pH indicados no Decreto-Lei nº 152/2002, de 23 de Maio, e a percentagem de parâmetros que se encontram abaixo dos valores limite de descarga.

Quadro 4.19. Indicadores de qualidade do serviço.

Indicadores de desempenho de qualidade do serviço	Unidades	Forma de cálculo	Fontes de informação / Observações
Percentagem de infra-estruturas de deposição cujos lixiviados são tratados na ETAL	(%)	N.º Total de infra-estruturas de confinamento cujos lixiviados são tratados na ETAL / N.º Total de infra-estruturas de confinamento que produzem lixiviados x 100	Ficha A-Q5; Ficha A-Q6
Eficiência de remoção de CBO_5	(%)	1-Concentração média de CBO_5 à saída / Concentração média de CBO_5 à entrada x100	Ficha D3-Q6.2/Q5.3
Eficiência de remoção de CQO	(%)	1-Concentração média de CQO à saída / Concentração média de CBO à entrada x100	Ficha D3-Q6.2/Q5.3
Eficiência de remoção de SST	(%)	1-Concentração média de SST à saída / Concentração média de SST à entrada x100	Ficha D3-Q6.2/Q5.3

(continua)

Quadro 4.19. Indicadores de qualidade do serviço (continuação).

Eficiência de remoção de Azoto Total	(%)	1-Concentração média de N_T à saída/ Concentração média de N_T à entrada x100	Ficha D3-Q6.2/Q5.3
Percentagem de parâmetros que se encontram abaixo dos valores limite de descarga	(%)	Número de parâmetros que se encontram abaixo dos VLD/ número total de parâmetros a monitorizar x 100	Ficha Q.2, D5.1

G) **Indicadores de opinião**

No grupo dos indicadores de opinião, incluíram-se seis que transmitem a opinião do respondente, na generalidade dos casos os técnicos responsáveis pela ETAL ou aterro, em relação à adequação da linha de tratamento em relação à qualidade e quantidade do afluente, às necessidades de remoção face ao tipo de meio receptor, ao grau de satisfação em relação às actividades que se desempenham diariamente na exploração da ETAL, à sua percepção sobre a adequação do número de trabalhadores e, por fim, o seu parecer global sobre o funcionamento anual da ETAL.

Quadro 4.20. Indicadores de opinião.

Indicadores de satisfação e opinião do responsável	Unidades	Forma de cálculo	Observações
Grau de adequação da linha de tratamento em relação à qualidade do afluente	(escala 1 a 5)	Classificação do grau de adequação da linha de tratamento implantada face a qualidade do lixiviado afluente	Ficha D6-Q1.1.1
Grau de adequação da linha de tratamento em relação à quantidade do afluente	(escala 1 a 5)	Classificação do grau de adequação da linha de tratamento implantada face a quantidade do lixiviado afluente	Ficha D6-Q1.1.2
Grau de adequação da linha de tratamento em relação às necessidades de remoção face ao tipo de meio receptor	(escala 1 a 5)	Classificação do grau de adequação da linha de tratamento implantada face à eficiência de remoção necessária	Ficha D6-Q1.1.3
Grau de satisfação em relação às actividades que se desempenham diariamente na exploração da ETAL	(escala 1 a 5)	Satisfação relativamente às actividades diárias desempenhadas na exploração da ETAL	Ficha D6-Q2
Adequação do número de trabalhadores	(Sim/Não)	Opinião sobre a adequação do número de trabalhadores às necessidades da ETAL	Ficha D6-Q5
Parecer global sobre o funcionamento anual da ETAL	(Sim/Não)	Parecer global sobre o funcionamento anual da ETAL (Autoavaliação)	Ficha D6-Q8

5 CONCLUSÕES

Neste capítulo apresentam-se as conclusões da presente investigação. É efectuada uma síntese do um diagnóstico da situação actual em matéria de gestão de lixiviados no contexto dos sistemas intermunicipais. Inclui ainda um exposição das principais problemáticas, limitações do estudo e recomendações sobre medidas a implementar para minimizar os problemas identificados.

5.1 SÍNTESE CONCLUSIVA

A presente a dissertação teve como objectivo o diagnóstico da situação actual em matéria de gestão de lixiviados dos sistemas intermunicipais, por serem os sistemas dos quais se dispõe de menos informação. Paralelamente, procurou-se desenvolver um conjunto de indicadores de desempenho directamente aplicáveis à gestão e tratamento de lixiviados, e que possibilitem uma posterior análise de *benchmarking* às ETAL nacionais.

Como principais conclusões deste trabalho de investigação destacam-se as seguintes:

- No conjunto dos Sistemas Intermunicipais (14) foram identificados 16 de aterros RSU, 14 em exploração, 1 encerrado e 1 em optimização. Foram ainda reportados 3 aterros que deverão entrar em funcionamento a curto prazo (2 em 2008 e 1 em 2009).

- Dos 14 Sistemas Intermunicipais apenas 1 (Amave) não dispõe de qualquer infra-estrutura para o tratamento dos lixiviados produzidos nos seus dois aterros, sendo os mesmos encaminha directamente par a rede de colectores municipal, para tratamento posterior em ETAR municipal. Os restantes dispõem de infra-estruturas de tratamento ou pré-tratamento para os lixiviados que se produzem nos seus aterros, tendo-se contabilizado um total de 14 estações.

- Das 14 infra-estruturas de tratamento de lixiviados identificadas, 3 efectuam o pré-tratamento e descarregam o efluente pré-tratado na rede de colectores municipal, e 11 possuem sistemas de tratamento que permitem a descarga do lixiviado tratado em meio hídrico. Contudo, 4 destas infra-estruturas encontram-se desactivadas ou inoperacionais por não conseguirem cumprir os parâmetros de descarga em linha de água mantendo a ETAL, nos casos em que é possível, a funcionar em circuito fechado com descarga nula, e nos outros, recorrendo ao transporte de lixiviado para ETAR para tratamento posterior. Os motivos evocados para este facto prendem-se com inadequado ajustamento dos sistemas às necessidades de quantidade e qualidade dos lixiviados a tratar face às alternativas de descargas disponíveis. De referir que, em qualquer destes casos, se encontra em estudo, ou já em fase de testes, uma solução de tratamento diferente ou uma optimização do sistema já implantado.

- Das 161 lixeiras pertencentes aos sistemas intermunicipais referenciadas pelo INR (2007a), e de acordo com os dados fornecidos por questionário, em apenas 4 são encaminhados os lixiviados para as ETAL.

- Os sistemas de tratamento implantados nas 14 ETAL apresentam uma grande diversidade, variando desde sistemas muito simples, em que apenas é efectuada alguma remoção da carga orgânica com vista à descarga em colector para posterior tratamento em ETAR, como é o caso, por exemplo, da Ambisousa, até sistemas mais complexos e robustos que permitem a descarga em linha de água, como é o caso, por exemplo, da Resíduos do Nordeste e Ecobeirão.

- Das 11 ETAL que têm a possibilidade de descarregar em linha de água 4 estão inoperacionais ou desactivadas. Das 7 restantes, 5 integram no tratamento o processo de osmose inversa, uma efectua o tratamento por evaporação/condensação do lixiviado, e outra apresenta tratamento biológico e físico-químico com afinação do efluente final por carvão activado.

- Relativamente às características do lixiviado bruto foi identificada uma grande variabilidade quanto à sua quantidade e qualidade. O caudal médio diário varia entre $7m^3$/dia (Amcal) e 176 m^3/dia (Ecobeirão). No que respeita às concentrações médias de CBO_5 e CQO, os valores reportados encontram-se dentro da gama de valores indicados na revisão da literatura.

- No que diz respeito às eficiências de tratamento verifica-se uma grande diversidade nos valores encontrados, facto relacionado com as alternativas de destino do lixiviado (colector ou linha de água) e com os diversas alternativas de tratamento do lixiviado que existem.

- A recirculação dos lixiviados para o aterro é uma prática pouco recorrente, sendo apenas utilizada em períodos de grande pluviosidade.

- No que diz respeito ao destino das lamas, e nos casos em que há produção e recolha de lamas, apenas num as lamas são encaminhadas para tratamento e destino adequado para um operador externo, sendo que os restantes recorrem aos próprios aterros para deposição da lamas produzida, e previamente submetidas a desidratação.

- À luz da legislação em vigor, os concentrados resultantes do tratamento por osmose inversa, não podem ser depositados em aterros RSU. No entanto, esta é uma prática recorrente em aterros nacionais e europeus pelos custos associados ao seu tratamento e inertização.

- Os indicadores de desempenho propostos permitirão, na continuidade do projecto que se encontra em curso para o IRAR, incorporar os valores obtidos por questionário para cada uma das ETAL dos Sistemas Intermunicipais e Multimunicipais, o que facilitará análises comparativa e a identificação das principais diferenças entre os sistemas e as respectivas causas dessas diferenças.

- De acordo com a informação reportada nos questionários ainda não é possível verificar alterações quanto à redução da deposição de RUB em aterro nem os respectivos impactes na qualidade dos lixiviados.

- Relativamente à minimização de caudais afluente à ETAL, em apenas 2 aterros (de 11 com dados disponíveis) não sistemas dispõem de um sistema separativo de drenagem de águas pluviais e valetas de desvio periféricas. Do que foi possível observar, e no que diz respeito à área de aterro exposta à precipitação, verifica-se que nem sempre existe um cuidado por parte dos sistemas em minimizar a área exposta, embora a maior ou menor dificuldade em proceder a esta prática de prenda com as características orográficas do aterro, um factor externo não passível de ser controlado.

- A maioria das ETAL actualmente em funcionamento são relativamente recentes, com um máximo de 10 anos, encontrando-se a mais antiga a funcionar desde 1998 e a mais recente em 2007. A maioria destas ETAL já sofreu alterações à linha de tratamento inicialmente implantada, motivadas por um balanço hídrico não favorável com a consequente incapacidade de encaixe dos caudais e/ou por um não cumprimento das normas de descarga. Ainda assim, 8 ETAL (das 14) estão a ser optimizadas ou têm em curso estudos para a sua optimização, o que sugere, na generalidade, um desajustamento dos sistemas implantados face às necessidades reais de tratamento dos lixiviados, tanto ao nível da qualidade, como da qualidade.

5.2 PRINCIPAIS LIMITAÇÕES

Um trabalho desta natureza depara-se sempre com a problemática da qualidade e quantidade de informação necessária para uma boa análise. Os questionários e as visitas técnicas realizadas às ETAL permitiram recolher alguma informação valiosa em termos de diagnóstico e identificação dos problemas actuais, ou seja, em 2006, mas não são suficientes para uma análise mais consistente e "científica", pois muitas das variáveis analisadas encontram-se dependentes de factores externos, como as condições climáticas e a composição dos RSU, muito variáveis e com algum grau de imprevisibilidade temporal.

Uma das principais dificuldades da gestão e tratamento dos lixiviados prende-se como a grande variabilidade dos caudais afluentes, directamente relacionados com precipitação a área exposta de aterro, e com a composição química dos lixiviados, fortemente dependente das características físico-químicas dos RSU depositados e das condições de construção e operação dos aterros. Por outro lado, os modelos de previsão reportados na literatura de referência encontram-se suportados em estudos de diversos períodos temporais e de aterros de outros países europeus ou americanos, pelo que poderão não adaptar-se e aplicar-se correctamente à realidade nacional.

De acordo com o Decreto-Lei n.º 152/2002, de 23 de Maio, as autoridades competentes, o ex-INR, no caso dos Sistemas Multimunicipais, e as direcções regionais do ambiente e do ordenamento do território, no caso dos Sistemas Intermunicipais, dispõem, ou deviam de dispor, de um conjunto de informação relativa aos aterros, que constam dos processos e relatórios exigidos nos pedidos de licenças de instalação e exploração dos aterros, e nas notificações dos efeitos negativos sobre o ambiente revelados pelas operações de controlo e acompanhamento.

Por outro lado, e ainda no âmbito do mesmo diploma, os elementos que instruem o pedido de licença de aterros, obrigam, no projecto de execução, a conter a descrição do tratamento de lixiviados, incluindo a previsão da quantidade e qualidade dos mesmos, bem como os elementos de dimensionamento e cálculos da estação de tratamento de lixiviados. É ainda obrigatório a apresentação dos resultados dos processos de controlo e monitorização, os quais deverão ser informatizados e constar do relatório anual que o operador deve enviar à autoridade competente em suporte informático.

A realização do presente trabalho leva-nos a crer que nem todos os Sistemas têm a informação tratada e impressa em relatório, ou suporte informático, requerida pelas autoridades competentes, pois só assim se explica o tempo que demoraram a preencher os questionários, as dificuldades sentidas no seu preenchimento e, nalguns casos, a omissão de respostas a determinadas questões.

Face ao exposto, se as autoridades competentes controlassem o cumprimento integral destas exigências legais, ficariam na posse de um conjunto de informação fundamental para a investigação. Para além do cumprimento destes requisitos informativos, seria bastante útil a elaboração de um guia ou manual para a realização destes relatórios, já com campos de preenchimento obrigatório, e a centralização de toda esta informação numa única entidade, entidade essa que se responsabilizaria por ceder a informação necessária, propor e financiar linhas de investigação nesta área dos aterros-lixiviados. Esta informação permitiria, por exemplo:

- uma boa base de dados sobre as precipitações no local da implantação dos aterros e sobre as quantidades e qualidade dos nossos lixiviados, o que possibilitaria uma análise de séries temporais fundamentais para a modelação e uma previsão mais realista das quantidades e características dos lixiviados;
- uma análise entre o que foi projectado em termos de tratamento de lixiviados e que foi implementado e se encontra em funcionamento, em especial uma análise comparativa entre os dados reais medidos nos aterros e nas ETAL em funcionamento e as quantidades e composição dos lixiviados previstos no projecto de execução;
- uma análise estatística multivariada sobre os factores que poderão influenciar as quantidades e composição dos lixiviados;

- uma análise dos principais incumprimentos, dos problemas mais frequentes e das respectivas medidas adoptadas.

As entidades gestoras, as entidades licenciadoras, as entidades reguladoras, os operadores privados, os accionistas e as autarquias, sendo os grandes actores num sistema de gestão integrada de resíduos, deverão, em conjunto, definir estratégicas com vista à optimização dos sistemas de tratamento de lixiviados, por forma a alcançar a desejada minimização dos impactes no ambiente maximizando, paralelamente, a adopção das melhores práticas disponíveis, e alcançar a auto-sustentabilidade dos sistemas.

Atendendo às metas previstas para a redução dos RUB depositados em aterro, e ao que está previsto nesta matéria no PERSU II, é de esperar que a médio e longo prazo as características dos lixiviados se alterem, fruto da diminuição da fracção orgânica nos resíduos depositado. Esta política implica, portanto, um impacto directo nos lixiviados, sendo por isso, mais uma questão premente ao seu acompanhamento e modelação ao longo do tempo.

Neste, como em muitos outros campos de aplicação da engenharia sanitária, deverá sempre ter-se presente o princípio da Prevenção, privilegiando a minimização de problemas a montante da produção de lixiviados, ou seja, nas fases de planeamento, concepção e exploração dos aterros, através de medidas que possam contribuir para a sua redução das quantidades do lixiviado produzido a da sua carga orgânica. A disponibilização de um conjunto de informação base teria benefícios tanto para os próprios Sistemas e operadores como para as entidades gestoras e reguladoras, fomentando o *know-how* em matéria de gestão de lixiviados, e promovendo uma melhor articulação entre os responsáveis e operadores do aterro e os das ETAL, o que teria vantagens para o desempenho ambiental e económico da gestão destas infra-estruturas.

O ideal seria que cada sistema estivesse dotado do seu próprio historial e avaliasse a evolução que os lixiviados sofreram tanto ao nível da qualidade como da quantidade, procurando desta forma aproximar cada vez mais os estudos preliminares de planeamento e de concepção à realidade dos dias de hoje. Por outro lado, o cruzamento e partilha de informação entre os sistemas entre si e entre as entidades reguladores permitiria um melhor entendimento entre todos os intervenientes, visando sempre a promoção clara da qualidade do ambiente.

O desafio para uma gestão adequada de lixiviados poderá ser, certamente, o de beneficiar de soluções já aplicadas/implementadas por outros sistemas que tenham obtido sucesso, e que se possam aplicar no seu contexto, em detrimento de apenas procurar novas soluções, que tornem a não ser bem sucedidas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adp (2002). *A Limpeza do Século: Portugal das Lixeiras à Valorização.* Adp -Águas de Portugal, 80 pp (Caderno Verde - Comunicação AS, coordenação de Maria João Rebola), Lisboa.

ANTAS, A. (1987). Política de Gestão de Resíduos em Portugal. *Actas do Colóquio sobre Resíduos Tóxicos e/ou Perigosos*, Direcção Geral da Qualidade do Ambiente Lisboa, pp. 1-10.

APA (2008). Resíduos. Política de Gestão de Resíduos. PERSU - Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos.

http://www.apambiente.pt/portal/page?_pageid=73,408080&_dad=portal&_schema=PORTAL&docs=10138687&cboui=10138687 [Fevereiro 2008]

ASTC e SITES (1998). *Rotten Truth: About Garbage*. ASTC – Association of Science – Technology Centers Inc. e SITES – Smithsonian Institution Traveling Exhibitions Services. URL: http://www.astc.org/exhibitions/rotten/timeline.htm (20 Março 2008).

Bicudo, J. R. (1996). Tratamento e destino final das águas lixiviantes. *Curso sobre Valorizaçao e Tratamento de Resíduos. Prevençao, Recolha Selectiva, Compostagem e Confinamento em Aterro*. LNEC/APESB, Lisboa, 10-12 Dezembro.

Bilitewski, B.; Härdtle, G.; Marek, K.; Weissbach, A.; Boedddicker, H. (1997). *Waste Management*, Springer-Verlag Berlim, Heidelberg, Germany.

BMU (2006). *Municipal solid waste management in 2006*. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Online Version: http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/bericht_siedlungsabfallentsorgung_2006_engl.pdf (17 Março 2008).

Carvalho, A. (2006). Urjais Leachate Treatment Plant. *In Seminário "Tratamento de Águas Lixiviantes"*, APEA, Auditório da RESIOESTE, Cadaval, 21 de Setembro.

Chang, G. Y.; Chu, L. M.; Wong, M. H. (2002) Effects of leachate recirculation on biogas production from landfill co-disposal of municipal solid waste, sewage sludge and marine sediment. Environmental Pollution 118, 393-399.

Christensen, T. H.; Cossu, R.; Stegman, R.(1992). *Landfilling of Waste: Leachate, 1st Edition*, Taylor & Francis, Inc., pp 520.

Christensen, T. H.; Kjeldsen, P. (1989). Basic biochemical processes in landfills. In: Christensen, T. H. *et al.*, *Sanitary landfilling: process, technology and environmental impact*. Academic Press, UK, pp 417-428.

Dho, Y. D.; Koo, J. K.; Lee, R. L. (2002). Prediction of Leachate Level in Kimpo Metropolitan Landfill Site by Total Water Balance. *Environmental Monitoring and Assessment Vol.73 (3), 207-219.*

Correia, F. N. (2007). *Intervenção do Ministro do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, na apresentação do Plano Estratégico dos Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU II)*, Setúbal. http://www.portugal.gov.pt [Consultado em Dezembro de 2007]

EEA (2007). *The road from landfilling to recycling: common destination, different routes*. European Environmental Agency. Copenhagen.

Ehrig, H. J. (1998). Quality and Quantity of Sanitary Landfill Leachate. *Waste Management Research*, (1), 53-68.

ENNS-REMPEL, K. (2006). "Fresno Landfill". *A Guide to Historic Architecture in Fresno*, California. URL: http://historicfresno.org/nrhp/landfill.htm (6 Outubro 2007).

Faria, A. L. (2002). Gestão de Lixiviados, nd

ECOSERVIÇOS-http://www.ecoservicos.pt/page.jsp?section=cientificos&page=pubs [consultado em Novembro de 2007]

Faria, A. L. e Ascenso, C. G. (2007). Deposição em Aterro Sanitário do concentrado da osmose inversa e de lamas. *In Seminário Geotécnico sobre Aterros de Resíduos*, LNEC, Lisboa, 24 e 25 de Maio.

Garcia, R. (2003). *Nos novos aterros sanitários voltaram a surgir os velhos problemas de poluição Ambiental*. Notícia publicada no Jornal "O Público", 24 de Fevereiro de 2003.

http://www.netresiduos.com/cir/publico24_02_03.htm;

http://www.univ-ab.pt/disciplinas/dcet/pa1338/images/Aterros.doc [Consultado em Abril de 2007]

Helena, A.; Hirner, W.; Baptista, J. M. e Parena, R. (2004). Indicadores de desempenho para serviços de águas de abastecimento –Série Guias Técnicos 1. Estudo realizado pelo LNEC para o IRAR, Lisboa.

HEMPEN, S. (2005). "Status and trends of residual waste treatment in Germany". *Conference 'The future of residual waste management in Europe' 2005*. 17th and 18th November. Luxembourg. Online Version: http://www.orbit-online.net/orbit2005/vortraege/hempen-doc.pdf (26 Novembro 2007).

HICKMAN, H. L. and ELDREDGE, R. W. (1999). Part 2: Of mosquitoes, flies, rats, swine, and smoke. *In* A brief history of solid waste management in the US during the last 50 years. *MSW Management*. Vol. 9. N.º 5. Versão on-line: http://www.mswmanagement.com/msw_9909_brief_history.html (27 Julho 2006).

HICKMAN, H. L. and ELDREDGE, R. W. (1999). "Part 2: Of mosquitoes, flies, rats, swine, and smoke". In: "A brief history of solid waste management in the US during the last 50 years". *MSW Management*. Vol. 9. N.º 5. Online-Version: http://www.mswmanagement.com/msw_9909_brief_history.html (27 Julho 2007).

IA/MAOTDR (2006). Relatório do Estado do Ambiente 2005. Instituto do Ambiente. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Amadora.

IA/MAOTDR (2007). Relatório do Estado do Ambiente 2006. Instituto do Ambiente. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Amadora.

INR (2006). *Sistemas de Gestão de Resíduos de Portugal Continental*. Formato Verde - Instituto dos Resíduos. URL: http://www.formatoverde.pt/inr/sistemas/index.html (Julho 2007) [10-07-2007]

INR (2007a). Planeamento e Gestão de Resíduos. Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). lano Estratégico dos Resíduos Sólidos Urbanos. URL:

http://www.inresiduos.pt/portal/page?_pageid=33,64044&_dad=portal&_schema=PORTAL&docs_recursos=56001911686&cboui=56001911686http://www.inresiduos.pt [17-05-2007]

INR (2007b). http://www.inresiduos.pt [25-05-2007]

INAG/MAOTDR (2005). Relatório Síntese sobre a caracterização das regiões hidrográficas prevista na Directiva Quadro da Água. Instituto da Água, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Lisboa.

INR/MCOTA (2003). Estratégia Nacional Para a Redução de Resíduos Urbanos Biodegradáveis Destinados a Aterros (ENRUBDA). Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente, Lisboa.

IRAR/MAOTDR (2007). Relatório Anual do Sector de Águas e Resíduos em Portugal (RASARP 2006), Volume 1 – Caracterização Geral do Sector. Instituto Regulador de Água e Resíduos, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Lisboa.

Levy, J. Q.; Santana, C. (2004). *Funcionamento das estações de tratamento de águas lixiviantes e acções para a sua beneficiação*, CESUR, Lisboa. Estudo elaborado para o INR

ECOSERVIÇOS-http://www.ecoservicos.pt/page.jsp?section=cientificos&page=pubs [consultado em Maio de 2007]

Levy, J. Q. (2006). As ETAL em Portugal. *In Seminário "Tratamento de Águas Lixiviantes"*, APEA, Auditório da RESIOESTE, Cadaval, 21 de Setembro.

Levy, J. Q. e Cabeças, A. J. (2006). Resíduos Sólidos Urbanos – Princípios e Processos. AEPSA, Lisboa, pp. 331.

Lobato Faria, A.; Chinita, A. T.; Ferreira, F.; Presumido, M.; Inácio, M. M.; Gama, P. (1997). *Plano Estratégico dos Resíduos Sólidos Urbanos.* Grupo de Tarefa para a Coordenação do Plano Estratégico dos Resíduos Sólidos Urbanos. Ministério do Ambiente. Lisboa.

Louis, G. E. (2004). A historical context of municipal solid waste management in the United States. *Waste Management & Research*, 22, pp. 306-322.

Löblich, S. (2006). Sistemas de Tratamento de Lixiviados–Panorama e Soluções para Tratamento Terciários para Descarga Directa no Meio Hídrico. *In Seminário "Tratamento de Águas Lixiviantes"*, APEA, Auditório da RESIOESTE, Cadaval, 21 de Setembro.

Lu, J. C.; Eichenberg, B.; Stearns, R. J. (1985). *Leachate From Municipal Landfills – Production and Management*, Calscience Research, Inc., Noyes Publications, Pollution Technology Review N.º 119, Hunting Beach, California

Mano, A. P. (2006). *Remoção de Nutrientes por Via Biológica.* Textos de Apoio para a Disciplina de Sistemas de Tratamento de Águas e Efluentes - Licenciatura em Engenharia Ambiente, Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa (DCEA-FCT/UNL).

MAOT (1999). P*lano Estratégico de Abastecimento Água e Saneamento Águas Residuais* (PEAASAR), Ministério do Ambiente e Ordenamento Território, Lisboa.

MAOT (1999). *Plano Estratégico Resíduos Sólidos Urbanos* (PERSU), Ministério Ambiente e Ordenamento Território, Reedição 1999, Lisboa.

MAOTDR (2005). *Plano de Intervenção para Resíduos Sólidos Urbanos e Equiparados* (PIRSUE). Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, (Gabinete do Ministro, Despacho n.º 454/2006 (2.a série), Lisboa.

MAOTDR (2007). *Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos 2007-2016 (PERSU II)*. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional Séries de Publicações MAOTDR, Lisboa (Portaria n.º 187/2007 de 12 de Fevereiro).

Marques, M. J.; Martinho, M. G.; Vasconcelos, L. T.; Maia, J. (2004). O NIMBY como factor de desvirtuamento nos processos tradicionais de localização de aterros. Artigo apresentado na *8ª Conferência Nacional do Ambiente*, FCT/UNL, Lisboa, de 27 a 29 de Novembro.

Martinho, M. G. e Gonçalves, M. G. (2000). *Gestão de Resíduos*. Edição da Universidade Aberta.

Martinho, M. G. (2006a) *Gestão de resíduos sólidos. Módulo I – Introdução.* Textos de Apoio para a Disciplina de Gestão de Resíduos Sólidos, Licenciatura em Engenharia Ambiente, Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa (DCEA-FCT/UNL).

Martinho, M. G. (2006b) *Gestão de resíduos sólidos. Módulo VIII – Aterro Sanitário.* Textos de Apoio para a Disciplina de Gestão de Resíduos Sólidos, Licenciatura em Engenharia Ambiente, Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa (DCEA-FCT/UNL).

Martinho, M.G.; Santana, F.; Santos, I. M.; Santos, J. M.; Brandão, A. S. (2007). *Relatório Técnico sobre gestão e Tratamento de Lixiviados Produzidos em Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos* – 1º Relatório Progresso (Dezembro 2007). Estudo elaborado para o IRAR, ao abrigo do Protocolo DCEA.PS.259.Lixiviados.GM. Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa (DCEA-FCT/UNL).

Martinho, M.G.; Santana, F.; Santos, I. M.; Santos, J. M.; Brandão, A. S. (2008). *Relatório Técnico sobre gestão e Tratamento de Lixiviados Produzidos em Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos* – 1º Relatório Progresso (Abril 2008) Estudo elaborado para o IRAR, ao abrigo do Protocolo DCEA.PS.259.Lixiviados.GM. Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa (DCEA-FCT/UNL).

McDougall, F. R.; White, P. R.; Frankie, M.;Hindle, P. (2001). *Integrated Solid Waste Mangement: a Life Cycle Inventory, 2nd Edition*, Blackwell Publishing, Oxford, Reino Unido.

Marttinen, S. K.; Kettunenb, R. H.; Rintalaa, J. A. (2003) Occurrence and removal of organic pollutants in sewages and landfill leachates. *The Science of the Total Environment* 301, 1–12.

Matos, R.; Cardoso, A.; Ashley, R.; Duarte, P.; Molinari, A. e Shulz, A. (2004). Indicadores de desempenho para serviços de águas residuais –Série Guias Técnicos 2. Estudo realizado pelo LNEC para o IRAR, Lisboa.

Mota, I. A.; Pinto, M.; Sá, J. V.; Marques, V. S.; Ribeiro, J. S. (2007a). Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável (ENDS). 2005-2015, Aprovado em Conselho de Ministros, Resolução de Conselho de Ministros n.º 109/2007, Presidência do Conselho de Ministros Lisboa.

Mota, I. A.; Pinto, M.; Sá, J. V.; Marques, V. S.; Ribeiro, J. S. (2007b). Plano de Implementação da Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável (PIENDS). 2005-2015, Aprovado em Conselho de Ministros, Resolução de Conselho de Ministros n.º 109/2007, Presidência do Conselho de Ministros, Lisboa.

McBean, E. A.; Rovers, F.A.; Farquar, G. J. (1995). *Solid Waste Landfill Engineering and Design*, Prentice Hall PTR, Prentice-Hall Inc, USA.

MCOTA (2003), *Estratégia Nacional para o Desvio de Resíduos Urbanos Biodegradáveis de Aterros* (ENRUBBDA), Secretaria de Estado do Ambiente, Ministério das Cidades, do Ordenamento do Território e do Ambiente, Lisboa.

OCDE (2000). *Environmental performance reviews (1st Cycle). Conclusions and recommendations 32 Countries (1993-2000)*, Organization for Economic Co-Operation and Develepment, WPEP Novembro 2000.

OCDE (2006). OECD in Figures 2005-2006 – Environment: emissions and pollution. URL : http://www.oecd.org/statisticsChannelList/0,3458,en_2825_499047_1_119656_1_1_1,00.html

Oliveira, J. S. (1983). *Operações e Processos Fundamentais em Engenharia Sanitária - Volume III Fundamentos de Depuração Biológica*. Departamento de Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa (DEA-FCT/UNL). Monte da Caparica,

PÁSSARO, D. A. (2002). Report: waste management in Portugal between 1996 and 2002. *Waste Management*, 23, pp: 97-99.

Pereira, A.; Poupa, C. (2003) – Como Escrever uma Tese, Monografia ou Livro Científico Usando o Word. Edições Sílabo, Lisboa.

Pires, A. A.; Pássaro, D. A.; Rodrigues, J.P.; Dias, S. M.; Magalhães, A. M.; Vale, L M.; Corijo, P. M. (2006). Plano Estratégico Resíduos Sólidos Urbanos – Consulta Pública (2006/12/12) http://www.anmp.pt/anmp/secmun/div/0612PERSUII.pdf

Pohland, F.G. e Kang, S. J. (1974) Sanitary landfill stabilization with leachate recycle and residual treatment. *Water – II. Municipal Waste Treatment* , *AIChE Symposium Series,* AIChE, 308-318, Washington, D.C.

Santana, F., Almeida, G. Martins, S. (1998a). *Metodologia de Avaliação de Metodologia de avaliação do Funcionamento de Estações de Tratamento de Águas Residuais*. Estudo elaborado para o Instituto da Água (INAG), Lisboa.

Santana, F., Almeida, G. Martins, S. (1998b). *Metodologia de Avaliação de Metodologia de Avaliação do Funcionamento de Estações de Tratamento de Águas Para o Abastecimento Públicoais – Avaliação Expedita.* Estudo elaborado para o Instituto da Água (INAG), Lisboa.

Qasim, S.R. e W. Chiang (1994) *Sanitary Landfill Leachate – Generation Control and Treatment*, Technomic Publishing Company, Inc., Lancaster, USA.

Qasim, S.R. (1999). *Wastewater Treatment Plants - Planning, Design and Operation, Second Edition*, CRC Press

Russo, M. A. (2005) *Avaliação dos processos de transformação de resíduos sólidos urbanos em aterro sanitário*. Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Maio 2005

Sardinha, J. (2006). Recepção e Tratamento nos Sistemas Municipais. *In Seminário "Tratamento de Águas Lixiviantes"*, APEA, Auditório da RESIOESTE, Cadaval, 21 de Setembro.

Seixas, J.; Dinis, R.; Finote, S. (2006) Impacto das Opções e Oportunidades de Gestão de Resíduos na Mitigação de Gases com Efeito de Estufa em Portugal. E.VALUE (Trabalho realizado para o INR) Lisboa, pp. 41.

Soto, M. (2006). La Solución a los Problemas de Lixiviados de Vertederos. Tecnología BIODESTIL aplicada al Tratamiento de Lixiviados de Vertederos – Casos Prácticos. *In Seminário "Tratamento de Águas Lixiviantes"*, APEA, Auditório da RESIOESTE, Cadaval, 21 de Setembro.

Tchobanoglous, G.; Burton, F. L. (1991). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. McGraw-Hill, New York.

Tchobanoglous, G., Theisen, H. and Vigil, S. (1993). *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues,* McGraw-Hill, New York.

Tchobanoglous, G. e Kreith, F. (2002), *Handbook of Solid Waste Management*, McGraw-Hill, Second Edition, New York.

UE (2006). Indicadores estruturais Eusrostat URL : http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=1996,45323734&_dad=portal&_schema=PORTAL&screen=welcomeref&open=/H/H1/H12&language=en&product=Yearlies_new_environment_energy&root=Yearlies_new_environment_energy&scrollto=0

Yuen, S. T.; Wang, Q. J.; Styles, J. R.; McMahon, T. A. (2001)./ Yuen, S. T. et al (2001).Water balance comparison between a dry and a wet landfill – a full scale experiment. *Journal of Hydrology 251*, 29-48.

WASTE WATCH (2004). *History of waste and recycling information sheet*. URL: http://www.wasteonline.org.uk/resources/InformationSheets/HistoryofWaste.pdf (26 Fevereiro 2008).

ANEXOS

Anexo A – Questionário 1

Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente

QUESTIONÁRIO 1

ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS LIXIVIANTES

Levantamento sobre a Situação Actual

Nome e contacto do responsável pelo preenchimento deste questionário

Nome: ____

Função/Cargo: _______________________

Telefone: ____________ Fax: ________________ E-mail: _____________________

Assinatura: ____________________________________ Data: _____/_____/_____

Maio de 2007

Nota Introdutória

Enquadramento e objectivos

O presente questionário faz parte integrante de um estudo que a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (FCT/UNL), em colaboração com o Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR), se encontra a desenvolver sobre a gestão e tratamento dos lixiviados produzidos em infra-estruturas de confinamento de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU).

Com este estudo pretende-se actualizar a informação relativa ao tratamento dos lixiviados e avaliar se o tratamento dos lixiviados é, ou não, um problema importante no contexto nacional, qual a natureza do(s) problema(s) (*i.e.* operacional, ambiental e económico), quais as medidas mais indicadas para os minimizar (*e.g.* recomendações técnicas de operação ou propostas mais profundas, que possam inclusive obrigar a mudanças legais) e avaliar os impactes que essas medidas poderão ter em termos operacionais e económicos.

O resultado final deste estudo traduzir-se-á na elaboração de um relatório técnico sobre a gestão dos lixiviados.

Para determinar indicadores de eficiência e de custo, e identificar situações problemáticas de funcionamento Estações de Tratamento de Águas Lixiviantes (ETAL), é necessário recolher um conjunto muito grande e diversificado de informações de base, sobre todos os aspectos contextuais, técnicos, operacionais e económicos, associados a uma determinada ETAL. Acrescenta-se a isto o facto do tipo de tratamento e destino dado às águas lixiviantes não serem idênticos para todos os Sistemas de Gestão de RSU (SMAUT), o que exige que se contemple, nas perguntas a formular, todas as hipóteses possíveis e adaptáveis a todas as situações.

Pelos motivos apresentados, e por forma a não sobrecarregar o questionário, preparam-se dois instrumentos de recolha de informação: o **Questionário 1**, que agora se envia, e com o qual se pretende recolher um conjunto de informações de carácter contextual e mais geral sobre as infra-estruturas de onde provêm os lixiviados e sobre o tipo de tratamento dado aos mesmos, e o **Questionário 2**, a enviar posteriormente, no qual se integrarão as questões mais específicas e adaptadas a cada caso concreto.

Organização e forma de preenchimento do Questionário 1

O Questionário 1 é composto por dois conjuntos de **Fichas – Ficha A e Ficha B**.

- **Ficha A** - destina-se a identificar o SMAUT e as suas principais características, em especial as relacionadas com as infra-estruturas de confinamento de resíduos existentes na sua área de actuação.
- **Ficha B** – destina-se a identificar e caracterizar a ETAL existente, bem como as infra-estruturas de confinamento de RSU de onde são oriundos os lixiviados tratados. Se o Sistema dispõe de duas ou mais ETAL deverá preencher uma Ficha B para cada uma, podendo para o efeito reproduzir o original tantas vezes quantas as necessárias.

A **Ficha B** encontra-se organizada nas seguintes partes:

- **Ficha B1** – Identificação da ETAL
- **Ficha B2** – Informações sobre as infra-estruturas de onde provêm os lixiviados afluentes à ETAL:

- **B2.1** – Informações relativas a Aterros Sanitários ou Vazadouros Controlados, em exploração ou encerrados;
- **B2.2** – Informações relativas a Lixeiras ou Vazadouros Não Controlados, já encerrados.

  Nota: Se as águas lixiviantes provêm de um aterro sanitário ou vazadouro controlado, encerrado ou em exploração, deverá preencher a Ficha B2.1, se as águas lixiviantes provêm de uma lixeira ou vazadouro não controlado e encerrado, deverá preencher a Ficha B2.2, se provem de ambos os tipos de infra-estruturas de deposição deverá preencher as duas fichas indicadas.

- **Ficha B3** – Informações gerais sobre a ETAL:
  - **B3.1** - Implantação e estrutura;
  - **B3.2** - Descrição do sistema de tratamento;
  - **B3.3** - Outras informações.

Para qualquer esclarecimento ou dúvidas relativas ao preenchimento deste questionário contacte por favor:

Eng.ª Ana Brandão

Telef. 21 294 83 00 (ext. 10144); E-mail: abrandao@fct.unl.pt

Todos os comentários ou sugestões que considere poderem melhorar este questionário e os seus objectivos serão bem vindos.

A Coordenadora

Prof.ª Doutora Graça Martinho

Ficha A - Identificação do Sistema de Gestão de RSU

1. Nome do Sistema: ____

2. Entidade responsável pela gestão do Sistema: ___________________________

____

3. População servida pelo Sistema (em 2006) ______________________(habitantes)

4. Quantidade de resíduos geridos pelo Sistema (em 2006) _______________(toneladas)

5. Infra-estruturas existentes para a gestão dos RSU (indicar nos quadrados o nº existente)

- ☐ Estações de Transferência
- ☐ Ecocentros
- ☐ Estações de Triagem
- ☐ Compostagem
- ☐ Digestão anaeróbia
- ☐ Tratamento Mecânico e Biológico
- ☐ Incineradora
- ☐ Lixeiras encerradas
- ☐ Vazadouros encerrados
- ☐ Aterros sanitários encerrados
- ☐ Aterros sanitários em exploração

Outras (indicar quais) ______________________________

____

6. Informação relativa às infra-estruturas de confinamento existentes na área geográfica do Sistema (preencha por favor a tabela seguinte)

Nome da infra-estrutura	Localização (Concelho/localidade)	Data do início da exploração (mês/ano)	Data do encerramento (mês/ano)	Espaço ocupado pelos resíduos	Destino actual dos lixiviados (ex. linha de água, rede municipal/ETAR, ETAL)
Lixeiras encerradas					
				Área ________ha Volume ________m^3	
				Área ________ha Volume ________m^3	
				Área ________ha Volume ________m^3	
				Área ________ha Volume ________m^3	
				Área ________ha Volume ________m^3	
				Área ________ha Volume ________m^3	

(continua)

(continuação)

Nome da infra-estrutura	Localização (Concelho/localidade)	Data do início da exploração (mês/ano)	Data do encerramento (mês/ano)	Espaço ocupado pelos resíduos	Destino actual dos lixiviados (ex. linha de água, rede municipal/ETAR, ETAL)
Vazadouros encerrados					
				Área ________ha Volume ________m^3	
				Área ________ha Volume ________m^3	
				Área ________ha Volume ________m^3	
				Área ________ha Volume ________m^3	
Aterros sanitários encerrados					
				Área ________ha Volume ________m^3	
				Área ________ha Volume ________m^3	
				Área ________ha Volume ________m^3	
Aterros sanitários em exploração					
				Área ________ha Volume ________m^3	
				Área ________ha Volume ________m^3	
				Área ________ha Volume ________m^3	

7. Quantas Estações de Tratamento de Águas Lixiviantes (ETAL) existem no Sistema? _______

Se o Sistema dispõe de duas ou mais ETAL deverá preencher uma Ficha B para cada uma, podendo para o efeito reproduzir a Ficha original tantas vezes quantas as necessárias.

Ficha B – Características da ETAL

B1 - Identificação da ETAL

1. Designação da ETAL: ____

2. Morada: ____

3. Localidade: _________________________ 4. Código Postal: ______ - ____ _____________

5. Telefone: _____________________ 6. E-mail: ______________________________________

7. Entidade responsável pela concepção e projecto da ETAL: ____________________________

____

8. Entidade responsável pela construção da ETAL: _____________________________________

____

9. Entidade responsável pela exploração e manutenção da ETAL: ________________________

____

10. Contratações externas/prestações de serviços:

Fornecedores de reagentes: ☐ NÃO ☐ SIM. Se sim, indique a frequência: _________

Manutenção de equipamentos: ☐ NÃO ☐ SIM. Se sim, indique a frequência: _________

Transporte/Recolha de lamas: ☐ NÃO ☐ SIM. Se sim, indique a frequência: _________

Outros (especifique): ____

____

11. Nome da(s) infra-estrutura(s) de onde provêm os lixiviados tratados nesta ETAL (*i.e.* lixeira encerrada, vazadouro encerrado, aterro encerrado e/ou aterro em exploração):

____

____

____

12. Nome e contacto do responsável técnico pela gestão da ETAL:

Nome: ____

Telefone: _____________________ E-mail: ______________________________________

B2 – INFORMAÇÃO SOBRE AS INFRA-ESTRUTURAS DE ONDE PROVÊM OS LIXIVIADOS AFLUENTES À ETAL

Se as águas lixiviantes provêm de um aterro sanitário ou vazadouro controlado, encerrados ou em exploração, preencha a Ficha B2.1, se as águas lixiviantes provêm de uma lixeira ou vazadouro não controlado encerrados, preencha a Ficha B2.2, se provêm de ambos os tipos de infra-estrutura de deposição preencha as duas fichas indicadas.

B2.1 – ATERRO SANITÁRIO (OU VAZADOURO CONTROLADO)

1. Municípios servidos pelo Aterro Sanitário (AS): ________________________________

____

2. Data do licenciamento do AS: _____ / ____ / _______ (dia/mês/ano)
3. Data de entrada em exploração do AS: _____ / ____ / _______ (dia/mês/ano)
4. Data de encerramento (se aplicável): ____ / _____ / _______ (dia/mês/ano)
5. Período de vida útil do AS (o previsto no projecto): _____________ (anos)
6. Ano previsto para o seu encerramento (se aplicável): ______________ (ano)
7. Superfície ocupada pelos resíduos: ____________ (ha)
8. Volume ocupado pelos resíduos: ____________ (m^3)
9. Capacidade de deposição ainda disponível: ____________ (m^3)
10. Características orográficas do AS:

☐ Aterro em superfície (acima do terreno natural ou em extensão)

☐ Aterro em trincheira

☐ Aterro em depressão existente (antigas explorações mineiras, pedreiras, areeiros, ravinas, etc.)

11. Método de deposição dos resíduos (assinalar o(s) método(s), e preencher os espaços):

Método de deposição dos resíduos	Início deste método (mês e ano)	Fim deste método (mês e ano)	Percentagem de resíduos que durante este período foram depositados desta forma (%)
☐ a granel	____/________	____/________	
☐ com enfardamento prévio	____/________	____/________	
☐ com trituração prévia	____/________	____/________	
☐ método misto	____/________	____/________	

12. Tipo de resíduos depositados no AS

Tipo de resíduos depositados no AS (assinalar o tipo de resíduos)	Início da deposição (mês e ano)	Fim da deposição (mês e ano)	Quantidade de resíduos depositados em AS, desde o início da sua exploração até ao final de 2006 (mil toneladas)
☐ Urbanos e equiparáveis	____/________	____/________	
☐ Industriais banais	____/________	____/________	
☐ Outros (indicar a sua natureza)	____/________ ____/________	____/________ ____/________	
QUANTIDADE TOTAL DE RESÍDUOS DEPOSITADOS NO AS			

13. Estimativa percentual da quantidade, em peso, de resíduos depositados no AS provenientes de Estações de Transferência: ________ (%)

14. Quantidade de RSU depositados em 2006 no AS (se aplicável): _____________ (toneladas)

15. Foi feita alguma caracterização física aos resíduos depositados no AS? ☐ SIM ☐ NÃO

16.1. Se sim, indique a percentagem de Resíduos Urbanos Biodegradáveis (RUB) depositados em AS nos anos para os quais se dispõem de valores?

1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006

16. Precipitação média anual no local, indicar por baixo de cada ano o valor registado, em mm.

1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006

17. Se o AS em causa já se encontra encerrado, descreva o sistema de cobertura final e o seu uso actual

18. Se o AS em causa está organizado em células ou alvéolos, descreva resumidamente a situação de cada uma, preenchendo uma tabela por cada célula (se necessário, reproduzir esta folha).

Designação da célula:	Início de exploração (mês e ano)	Data de encerramento (mês e ano)	Área ocupada pelos resíduos (ha)	Volume ocupado pelos resíduos (m^3)
	____/_______	____/_______		

Quantidade de resíduos depositados nesta célula (até 2006): ___________________ (mil toneladas)

As águas lixiviantes produzidas nesta célula são conduzidas para a ETAL a que se refere esta Ficha?

☐ SIM ☐ NÃO. Se não, qual o seu destino? _______________________________________

Esta célula já foi encerrada e selada?

☐ NÃO ☐ SIM. Se sim, descreva o sistema de cobertura final: _________________________

____

____

Designação da célula:	Início de exploração (mês e ano)	Data de encerramento (mês e ano)	Área ocupada pelos resíduos (ha)	Volume ocupado pelos resíduos (m^3)
	____/_______	____/_______		

Quantidade de resíduos depositados nesta célula (até 2006): ___________________ (mil toneladas)

As águas lixiviantes produzidas nesta célula são conduzidas para a ETAL a que se refere esta Ficha?

☐ SIM ☐ NÃO. Se não, qual o seu destino? _______________________________________

Esta célula já foi encerrada e selada?

☐ NÃO ☐ SIM. Se sim, descreva o sistema de cobertura final: _________________________

____

____

Designação da célula:	Início de exploração (mês e ano)	Data de encerramento (mês e ano)	Área ocupada pelos resíduos (ha)	Volume ocupado pelos resíduos (m^3)
	____/_______	____/_______		

Quantidade de resíduos depositados nesta célula (até 2006): ___________________ (mil toneladas)

As águas lixiviantes produzidas nesta célula são conduzidas para a ETAL a que se refere esta Ficha?

☐ SIM ☐ NÃO. Se não, qual o seu destino? _______________________________________

Esta célula já foi encerrada e selada?

☐ NÃO ☐ SIM. Se sim, descreva o sistema de cobertura final: _________________________

____

____

19. Quantos drenos de biogás estão instalados no AS? _______________ (nº)

20. O sistema de extracção do biogás é: ☐ Passivo ☐ Activo

21. Indique a frequência com que se realizam as medições dos parâmetros indicados, o número de pontos onde são realizadas e os aparelhos utilizados nessas medições

Parâmetros	Frequência das medições	Número de pontos onde são realizadas as medições	Aparelhos utilizados
Metano			
Oxigénio			
Dióxido de carbono			
Outros (indicar quais)			

21. O biogás produzido é:

☐ libertado para a atmosfera

☐ captado e enviado para um queimador, desde ___________________ (indicar data)

☐ captado e enviado para uma unidade de valorização energética, desde _______________

22. Se é feita a captação de biogás, quanto tempo após a entrada em exploração do AS se começou a produzir biogás? ____

23. Se é feita a captação do biogás, indique:

23.1 Produção média: _________________ (m^3/dia); ___________________(m^3/ano)

23.2 Composição:

Parâmetros	Valor médio (%)
Metano (combustível), CH_4	
Dióxido de carbono, CO_2	
Oxigénio, O_2	
Azoto, N_2	
Hidrogénio (combustível), H_2	

24. Pela análise das monitorizações realizadas a águas subterrâneas ou superficiais há, ou já houve, suspeitas de fugas de lixiviados?

☐ SIM ☐ NÃO. Se sim, que medidas foram tomadas? ______________________________

____

____

____

B2.2 – LIXEIRA (OU VAZADOURO NÃO CONTROLADO)

1. Nome e localização da lixeira ou vazadouro: ___________________________________
2. Municípios utilizadores desta lixeira ou vazadouro: _______________________________
3. Data da sua entrada em funcionamento: _______ (ano)
4. Data do seu encerramento: _______ (ano)
5. Superfície ocupada pelos resíduos: ________ (ha)
6. Volume ocupado pelos resíduos: ________ (m^3)
7. Tipo de resíduos que foram depositados nesta lixeira:

Tipo de resíduos depositados (assinalar o tipo de resíduos)	Estimativa da quantidade de resíduos depositados, desde o início da sua exploração até ao seu encerramento (mil toneladas)
☐ Urbanos e equiparáveis	
☐ Industriais banais	
☐ Outros (indicar a sua natureza)	

8. Foi feita alguma vez uma caracterização física aos resíduos depositados nesta lixeira?

☐ SIM ☐ NÃO

8.1. **Se sim**, indique a percentagem de RUB depositados nos anos para os quais se dispõem de valores?

1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001

9. Esta lixeira encontrava-se frequentemente em combustão ou esta situação era rara ou pouco frequente? ____

10. Foi feito um projecto de captação e drenagem dos lixiviados? ☐ SIM ☐ NÃO

10.1. Se sim, descreva resumidamente o que foi implementado

11. Foi feito um projecto para o tratamento dos lixiviados? ☐ SIM ☐ NÃO

1.1. Se sim, descreva resumidamente o que foi implementado e qual está a ser o destino actual dos lixiviados tratados

12. Actualmente verificam-se pontos de exsurgência e escorrências das águas lixiviantes?

☐ SIM ☐ NÃO

13. Pela análise das monitorizações realizadas às águas subterrâneas ou superficiais há, ou já houve, suspeitas de fugas de lixiviados?

☐ Não ☐ Sim. Se sim, que medidas foram tomadas? ___________________________

____

____

____

14. Foi feito um projecto de drenagem e queima do biogás? ☐ SIM ☐ NÃO

14.1. Se sim, descreva resumidamente o que foi implementado:

15. Quantos drenos de biogás estão instalados na lixeira? ________________ (nº)

16. O sistema de extracção do biogás é: ☐ Passivo ☐ Activo

17. Indique a frequência com que se realizam as medições dos parâmetros indicados, o número de pontos onde são realizadas e os aparelhos utilizados nessas medições

Parâmetros	Frequência das medições	Número de pontos onde são realizadas as medições	Aparelhos utilizados
Metano			
Oxigénio			
Dióxido de carbono			
Outros (indicar quais)			

18. O biogás produzido é:

☐ libertado para a atmosfera

☐ captado e enviado para um queimador, desde _______________ (indicar data)

☐ captado e enviado para uma unidade de valorização energética, desde __________

19. Se é feita a captação do biogás, indique:

23.1 Produção média: __________________ (m^3/dia); ____________________(m^3/ano)

23.2 Composição:

Parâmetros	Valor médio (%)
Metano (combustível), CH_4	
Dióxido de carbono, CO_2	
Oxigénio, O_2	
Azoto, N_2	
Hidrogénio (combustível), H_2	

20. Descreva o actual sistema de cobertura final e o seu uso actual

B3 – CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ETAL

B3.1 – IMPLANTAÇÃO E ESTRUTURA

1. Área ocupada pela ETAL (m^2): _______________________

2. Data de início da exploração da ETAL: ___ / ___ / _______

3. Ano Horizonte de Projecto (HP): _________________

4. Período de funcionamento da ETAL: ____________ horas/dia e __________dias/semana

5. Número de dias, em 2006, que a ETAL esteve parada para reparação e/ou manutenção _______ (dias)

6. Verifica-se conformidade entre o construído e o previsto em projecto da ETAL?

   ☐ Sim ☐ Não. Se não, apresente os motivos (resumidamente): ____________

____

7. A construção da ETAL já se encontrava prevista/incluída inicialmente no projecto do AS?

   ☐ Sim. 7.1. Se sim, foi construída ao mesmo tempo que o AS? ☐ Sim ☐ Não

   ☐ Não. 7.2. Se não, quanto tempo permaneceu o AS sem ETAL? ____________(anos)

   E para onde eram então encaminhados os lixiviados? _________________________

8. Já verificou, até ao momento, algum tipo alterações/modificações face ao que entrou em exploração (*e.g.* extensão da linha de tratamento, substituição de órgãos, entrada em funcionamento de uma etapa de tratamento)? ☐ Sim ☐ Não

8.1. Se sim, quais? (especifique o tipo de alterações, os motivos que obrigaram a tais alterações e o ano em que se efectuaram): ____

____

____

____

____

8.2. Essas alterações já estavam previstas no projecto? ☐ Sim ☐ Não

9. Estão previstas acções de remodelação de órgãos ou equipamentos (reparação ou substituição) que afectem ou possam afectar o decorrer do tratamento? ☐ Sim ☐ Não

9.1. Se sim, quais? (especifique-as e indique quando se pretende efectuar essas alterações e as razões de tais alterações): ____

____

____

B3.2 – DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO

1. LINHA DE TRATAMENTO DA ETAL

Recorrendo à simbologia apresentada em seguida, ou outra que julgue mais apropriada, descreva esquematicamente o sistema de tratamento adoptado na ETAL. Desenvolva o esquema identificando as operações pela sua ordem de inserção na linha de tratamento, terminando com a indicação do destino final do efluente tratado (e.g., ETAR municipal, rede de drenagem municipal, meio receptor, outro).

Tome como exemplo:

2. Qual o destino final do efluente tratado (meio receptor em detalhe)? ____________________

____

3. É feita a recirculação dos lixiviados para o aterro? ☐ Sim ☐ Não

4. Período de maior afluência de caudais à ETAL (meses):______________________________

5. Período de menor afluência (período de estiagem - meses): __________________________

6. Recepção de águas lixiviantes na ETAL:

6.1. Caudal médio afluente: __________ (m^3/dia), __________ (m^3/h)

7. Qualidade das águas lixiviantes:

7.1 Afluentes:

	CBO_5	CQO	SST	N_{Total}
Cargas médias (kg/dia)				
Concentrações médias (mg/l)				

7.2 Efluentes:

	CBO_5	CQO	SST	N_{Total}
Cargas médias (kg/dia)				
Concentrações médias (mg/l)				

8. Eficiências de tratamento para os parâmetros de descarga:

	CBO_5	CQO	SST	N_{Total}
Percentagem de remoção (%)				

B3.3 – OUTRAS INFORMAÇÕES

O Questionário 2, a enviar após a recepção deste questionário, destina-se à recolha de informações técnicas muito específicas sobre as características e o funcionamento da ETAL. Para que o mesmo possa ser enviado à pessoa certa, indique por favor o nome e os contactos da pessoa mais indicada para o efeito.

Nome: ____

Função/Cargo: _________________ Serviço/Departamento ________________________

Morada: ___________________________________ Código Postal _____-_____ ______

Telefone: _______________ Fax: _________________ E-mail: ___________________

ANEXO B – QUESTIONÁRIO 2

Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente

QUESTIONÁRIO 2
ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS LIXIVIANTES – ETAL

Caracterização e Funcionamento de ETAL

Nome e contacto do responsável pelo preenchimento deste questionário

Nome: ____

Função/Cargo: ______________________

Telefone: ___________ Fax: ____________ E-mail: ___________________________

Assinatura: __________________________ Data: _____/_____/_____

Julho de 2007

Nota Introdutória

Enquadramento e objectivos

O presente questionário faz parte integrante do estudo que a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (FCT/UNL), em colaboração com o Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR), se encontra a desenvolver sobre a gestão e tratamento dos lixiviados produzidos em infra-estruturas de confinamento de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU).

Com este estudo pretende-se actualizar a informação relativa ao tratamento dos lixiviados e avaliar se o tratamento dos lixiviados é, ou não, um problema importante no contexto nacional, qual a natureza do(s) problema(s) (*i.e.* operacional, ambiental e económico), quais as medidas mais indicadas para os minimizar (*e.g.* recomendações técnicas de operação ou propostas mais profundas, que possam inclusive obrigar a mudanças legais) e avaliar os impactes que essas medidas poderão ter em termos operacionais e económicos.

O resultado final traduzir-se-á na elaboração de um relatório técnico sobre a gestão dos lixiviados.

No âmbito deste estudo preparam-se dois instrumentos de recolha de informação: o **Questionário 1**, já enviado a todos os SMAUT, com o intuito de recolher um conjunto de informações para levantamento de antecedentes sobre as infra-estruturas de onde provêm os lixiviados e uma descrição geral sobre o tipo de tratamento dado aos mesmos, e o **Questionário 2**, que se envia agora, e que se destina à recolha de informações técnicas mais específicas sobre as características e o funcionamento das Estações de Tratamento de Águas Lixiviantes (ETALs).

O correcto preenchimento e envio atempado deste questionário são fundamentais para a qualidade do relatório técnico, pelo que desde já se agradece a colaboração de todos os SMAUT.

Organização e forma de preenchimento do Questionário 2

O Questionário 2 é composto por dois conjuntos de **Fichas – Ficha C e Ficha D**.

- **Ficha C** – Destina-se à identificação da(s) ETAL(s) e do Sistema correspondente
  - **Ficha C1** – Identificação do Sistema
  - **Ficha C2** – Identificação da ETAL
- **Ficha D -**Destina-se à caracterização detalhada da ETAL, como o tipo e eficiências da linha de tratamento em questão bem como destino final de efluentes e lamas, monitorização controlo da qualidade dos efluentes, tipo e eficiências da linha de tratamento em questão bem como destino final de efluentes e lamas.
  - **Ficha D1 –** Características de Implantação, Concepção e Construção
  - **Ficha D2 –** Sistema de Drenagem de Águas Lixiviantes e de Águas Pluviais
  - **Ficha D3 –** Sistema de Tratamento de Lixiviados
  - **Ficha D4** – Exploração, Operação e Manutenção
    - **D4.1** – Exploração
    - **D4.2** – Recursos Humanos
    - **D4.3** – Análise de Consumos e Fornecimentos

- **D4.4** – Análise de Custos
    - **D4.5** – Levantamento de Problemas
- **Ficha D5** – Monitorização
    - **D5.1** – Controlo de Lixiviados
    - **D5.2** – Controlo de Águas Subterrâneas
    - **D5.3** – Controlo de Águas Superficiais
- **Ficha D6** – Levantamento de Opinião
- **Ficha D7** – Registo e Informação de Ocorrências
- **Ficha D8** – Outras Informações

Para qualquer esclarecimento ou dúvidas relativas ao preenchimento deste questionário contacte por favor:

Eng.ª Ana Brandão

Tel: 21 294 83 00 (ext. 10144); E-mail: abrandao@fct.unl.pt

Todos os comentários ou sugestões que considere poderem melhorar este questionário e os seus objectivos serão bem vindos.

A Coordenadora

Prof.ª Doutora Graça Martinho

Ficha C – Identificação do Sistema e da ETAL

C1 - Identificação do Sistema

1. Nome do Sistema: ____

2. Número de Estações de Tratamento de Águas Lixiviantes (ETAL) existentes no Sistema? ___

Se o Sistema dispõe de duas ou mais ETAL deverá preencher uma Ficha C2 e D para cada uma, podendo para o efeito reproduzir a Ficha original tantas vezes quantas as necessárias.

3. Identificação do (a) responsável técnico pela gestão da ETAL:

Nome: ____

Função/Cargo: __________________ Serviço/Departamento _________________________________

Telefone: _______________ Fax: __________________ E-mail: ______________________________

C2 - Identificação e Características de Afluência à ETAL

1. Designação da ETAL: ____

2. Identificação da(s) infra-estrutura(s) de onde provêm os lixiviados e condições médias de afluência [Ano de referência: 2006]:

Identificação da Infra-estrutura (e.g. aterro, vazadouro, lixeira)	Condições médias de afluência		
	Caudal (m^3/dia)	Cargas (kg/dia)	Concentrações (mg/l)
1.		a) CBO_5:	a) CBO_5:
		b) CQO:	b) CQO:
		c) SST:	c) SST:
		d) Ntotal:	d) Ntotal:
2.		a) CBO_5:	a) CBO_5:
		b) CQO:	b) CQO:
		c) SST:	c) SST:
		d) Ntotal:	d) Ntotal:
3.		a) CBO_5:	a) CBO_5:
		b) CQO:	b) CQO:
		c) SST:	c) SST:
		d) Ntotal:	d) Ntotal:

3. Contabilizando todos os caudais afluentes à ETAL, indique os registos de mensais dos caudais dos lixiviados afluentes à ETAL no ano de 2006 (no caso de não ser possível dados de 2006, forneça os dados mais recentes, referindo o ano de referência):

Mês	**Valor Total** (m^3/**mês**)
Janeiro	
Fevereiro	
Março	
Abril	
Maio	
Junho	
Julho	
Agosto	
Setembro	
Outubro	
Novembro	
Dezembro	
Caudal Total Afluente (m^3) ____________________	
Ano de Referência: _______________	

4. Tendo em conta o número de Estações de Transferência (ET) do sistema associadas ao aterro sanitário, indique:

4.1. O número total das ET, e respectiva identificação:

N.º de Estações de Transferência: ________	Identificação das Estações de Transferência
	1. ____ 2. ____ 3. ____ 4. ____ 5. ____ 6. ____ 7. ____ 8. ____

4.2. Quantas e quais as Estações de Transferência (identifique com o número referido em 4.1) contribuem com a produção de lixiviados para a ETAL: ____

____

4.3. Quantas e quais as Estações de Transferência (identifique com o número referido em 4.1) encaminham os lixiviados produzidos para as Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) Municipais: ____

____

4.4. A produção de lixiviados em cada ET:

N.º da ET (referida em 4.1.)	Produção total de lixiviados em cada Estação de Transferência [ano de 2006]		Recepção de Resíduos na ET [ton de resíduos/ano]	
	[m^3 lixiviados/ton RSU]	[m^3 lixiviados/ano]	2005	2006
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

5. Tendo em conta todas as infra-estruturas e actividades inerentes ao funcionamento do Aterro Sanitário, identifique quais as que contribuem para a ETAL com a produção de águas residuais, e, se possível, indique os caudais associados a essas actividades:

☐ Águas de lavagem de instalações; Caudal: _________ (m^3/d)

☐ Águas provenientes das instalações sanitárias; Caudal: _________ (m^3/d)

☐ outros: quais ______________________________ ; Caudal: _________ (m^3/d)

______________________________ ; Caudal: _________ (m^3/d)

______________________________ ; Caudal: _________ (m^3/d)

Ficha D – CARACTERIZAÇÃO DA ETAL

D1 – CARACTERÍSTICAS DE IMPLANTAÇÃO, CONCEPÇÃO E CONSTRUÇÃO

1. É feita a elevação de caudal à entrada da estação? ☐ Sim ☐ Não

1.1. Se sim, essa elevação é suficiente para que a restante a linha de tratamento se efectue por gravidade? ☐ Sim ☐ Não

1.2. Se não, refira quais as etapas/os processos de tratamento que necessitam de elevação a montante:

____

2. Distância do descarregador final ao meio receptor: ______ (m)

3. A ETAL dispõe de descarregador de tempestade? ☐ Sim ☐ Não

3.1. Se sim, para onde são, então, desviados os lixiviados? ___________________________

____

4. Relativamente às instalações de apoio à exploração a ETAL assinale com X as instalações de que dispõe:

4.1. Instalações sanitárias ☐ ; Duche ☐; Vestiário ☐;

4.2. Oficina de apoio, com equipamento adequado para as manutenções locais, na própria ETAR ☐

4.3. Armazém para: reagentes ☐; Peças de reserva 2/ou sobressalentes; Consumíveis ☐;

4.4. Laboratório de análises, equipado em conformidade com o programa de controlo ☐;

4.5. Sala de comando ☐

4.6. Sala administrativa, equipada com o mobiliário e equipamentos necessários ☐

D2 – SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS LIXIVIANTES E DE ÁGUAS PLUVIAIS

1. As águas lixiviantes são drenadas graviticamente dos poços de captação para a ETAL?

☐ Sim ☐ Não

2. Tipologia das tubagens de drenagem das águas lixiviantes:

2.1 Material: ___________________________ 2.2 Diâmetro mínimo: ______________ (mm)

3. Está implantado no aterro um sistema separativo de águas pluviais e valetas de desvio de águas pluviais?

☐ Sim ☐ Não

4. O volume de lixiviados proveniente das células de deposição de RSU é medido em contínuo, por meio de medidores/totalizadores de caudal? ☐ Sim ☐ Não

D3 – SISTEMA DE TRATAMENTO DE LIXIVIADOS

Tendo em conta a linha de tratamento de lixiviados em funcionamento descreva, utilizando um diagrama de blocos, as operações e processos do sistema de tratamento instalado, respeitando sempre sequência de operação. Em alternativa, se preferir poderá fornecer o diagrama linear da linha de tratamento e anexá-lo ao questionário.

1. Relativamente ao tratamento da fase líquida, identifique os processos biológicos, físico-químicos e de afinação, caso existam:

2. Relativamente ao tratamento da fase sólida:

2.1. Identifique as operações e processos utilizados no tratamento de lamas, e outros subprodutos:

3. Tendo em conta todas as operações unitárias ao longo do tratamento da fase líquida, indique, se possível, as percentagens de remoção parciais para cada etapa do tratamento, relativamente à remoção total para os seguintes parâmetros (para os processos que se justifique essa remoção):

Processos (indique o nome)	CBO5 (%)	CQO (%)	SST (%)	N_{Total} (%)
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				

4. É feita a recirculação dos lixiviados para o aterro? ☐ Sim ☐ Não

4.1. Se sim, qual a frequência da recirculação: ________________ (número de vezes por ano)

4.2. Se sim, qual a percentagem de recirculação, relativamente ao caudal de lixiviado produzido? ______ (%)

4.3. Se sim, quais os meses em que existe uma maior necessidade de recirculação do lixiviado: _
____

5. Recepção de águas lixiviantes na ETAL:

5.1. Caudal médio afluente: __________ (m^3/dia)

5.2. Diâmetro do colector (no caso de existir lagoa de regularização é o colector a jusante):
________________ (mm)

5.3. Qualidade dos lixiviados afluentes à ETAL (período de referência: ano de 2006)

pH: ________	Meses	CBO_5	CQO	COT	SST	SSV	N_{Total}	$N_{orgânico}$	$N_{amoniacal}$
Cargas médias (kg/dia)	Janeiro								
	Fevereiro								
	Março								
	Abril								
	Maio								
	Junho								
	Julho								
	Agosto								
	Setembro								
	Outubro								
	Novembro								
	Dezembro								

	Meses	CBO_5	CQO	COT	SST	SSV	N_{Tot}	$N_{orgânico}$	$N_{amoniacal}$
Concentrações médias (mg/l)	Janeiro								
	Fevereiro								
	Meses	CBO_5	CQO	COT	SST	SSV	N_{Tot}	$N_{orgânico}$	$N_{amoniacal}$
	Março								
	Abril								
	Maio								
	Junho								
	Julho								
	Agosto								
	Setembro								
	Outubro								
	Novembro								
	Dezembro								
Relação CQO/CBO_5: ______		Razão CBO_5/NKT: ______							

6. Condições de descarga dos lixiviados:

6.1. Caudal médio do efluente tratado: __________ (m^3/dia)

6.2. Qualidade dos lixiviados tratados:

pH: ________	Meses	CBO_5	CQO	SST	N_{Total}	Nitratos
Cargas médias (kg/dia)	Janeiro					
	Fevereiro					
	Março					
	Abril					
	Maio					
	Junho					
	Julho					
	Agosto					
	Setembro					
	Outubro					
	Novembro					
	Dezembro					

	Meses	CBO_5	CQO	SST	N_{Total}	Nitratos
Concentrações médias (mg/l)	Janeiro					
	Fevereiro					
	Março					
	Abril					
	Maio					
	Junho					
	Julho					
	Agosto					
	Setembro					
	Outubro					
	Novembro					
	Dezembro					

7. Eficiências totais de tratamento para os parâmetros de descarga:

	CBO_5	CQO	SST	N_{Total}
Percentagem de remoção (%)				

Nota: Se desejar, e em alternativa, poderá anexar ao questionário algum documento (e.g. Relatório de Declaração Ambiental, memória descritiva e justificativa da ETAL, planta de circuitos, diagrama linear, perfil hidráulico etc.) que já possua toda esta informação, ou outra que considere relevante.

D4 – EXPLORAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

D4.1 – EXPLORAÇÃO

1. Actualmente toda a linha de tratamento está operacional? ☐ Sim ☐ Não

1.1. Se não, identifique a falha/órgão ou linha que não está a funcionamento: _______________

____

____

1.2. Qual a causa? ____

1.3. Quando se prevê que entre novamente em funcionamento? _________________________

2. A linha de tratamento está equipada com instrumentos de automação e controlo (e.g. sondas de nível, doseadores, etc.)? ☐ Sim ☐ Não

2.1. Se sim, dê alguns exemplos: ____

____

3. Durante os meses mais quentes do ano se não ocorrer a produção de lixiviados a ETAL pára de funcionar por ausência de caudal? ☐ Sim ☐ Não

3.1. Se sim, a evaporação normalmente verificada é superior ao caudal de lixiviados gerado?

☐ Sim ☐ Não

4. É feita a reutilização de efluente tratado? ☐ Sim ☐ Não

4.1. Se sim, qual o caudal reutilizado (m^3/d): _______ ou a percentagem de reutilização face ao caudal de lixiviado tratado: _______ (%)

4.2. Se sim, indique para que fins é utilizado o efluente tratado: _________________________

5. relativamente à produção de lamas, caso se verifique, indique:

5.1. A quantidade de lamas produzidas: ___________ (kg/dia); _____ (ton/ano)

5.2. O teor em matéria seca (%): _____________

5.3. O destino final das lamas: ____

5.4. Dispõe de armazenamento de lamas? ☐ Sim ☐ Não

5.4.1. Se sim em que quantidade: __________ (kg/dia); ________ (ton/ano)

5.5. Qual a frequência do transporte de lamas: __________ (n.º de vezes/mês)

6. Se dispõe de tratamento por osmose inversa, nanofiltração, ultrafiltração ou outras unidades com produção de concentrados:

6.1. Assinale com um X a unidade de tratamento em questão:

Osmose inversa	Nanofiltração	Ultrafiltração	Outra unidade: ________________ (nome da unidade)
☐	☐	☐	☐

6.2. Indique o destino final dos concentrados: ____

6.3. Indique o volume dos concentrados: _______________________ (m^3/dia)

7. Dispõe de processos para eliminação de odores na ETAL (e.g. desodorização - remoção de maus cheiros):

☐ Sim ☐ Não

8. São levadas a cabo medidas de conservação da natureza *in situ* e/ou nas imediações da ETAL?

☐ Sim ☐ Não

8.1. Se sim refira algumas medidas de prevenção, exploração e monitorização: _________________

____

____

D4.2 – Recursos Humanos

1. Número total de Operadores: ☐ Masculinos ☐ Femininos
2. Habilitações literárias (indicar o número de operadores na situação):
   - Ensino Primário: ____________
   - Ensino Preparatório: _________
   - Ensino Secundário: __________
   - Ensino Superior: ___________
3. Período de permanência na ETAL: _________ (h/dia) ____________(dias/semana)
4. Outra situação (especificar): ____
5. Formação Profissional (número de operadores na situação):
   - Sem formação específica na área de operação em ETAL's: ________
   - Com formação específica na área de operação em ETAL's: ________
   - Frequência das acções de formação ministradas na área de operação em ETALs: _________________ (n.º de acções/ano)
   - Duração média das acções de formação ministradas: ____________ (horas/acção)
   - Duração total anual das acções de formação ministradas: ____________(dias/ano)
   - Entidade que ministrou a acção de formação: ______________________________________

D4.3 – ANÁLISE DE CONSUMOS E FORNECIMENTOS

1. Consumo de água de abastecimento público: _____________(m^3/dia)

1.1. Indique o tipo de utilização: ____

____

2. Consumos energéticos:

2.1. Consumos totais de energia na ETAL: _______ (kWh/ano)
(contabilizar os consumos globalmente: energia, aquecimento, ventilação, iluminação, ar comprimido, etc. …)

2.2. Consumo unitário de energia: _________________ (kWh/m^3)

2.3. Caso seja feito o aproveitamento energético de biogás no aterro ou na própria instalação, indique:

2.3.1. A produção total anual de biogás por ano (2006): ______________ (kWh/ano)

2.3.2. A percentagem de biogás utilizada para auto-consumo: _____________ (%)

3. Relativamente a fornecimentos e/ou prestações de serviços, indique que tipo de serviços são prestados à ETAL, para o seu funcionamento:

3.1. Fornecedores de reagentes: ☐ Sim ☐ Não

3.1.1. Descreva o consumo de reagentes nos processos de tratamento, identificando-os, referindo as operações nas quais são utilizados e quais as quantidades consumidas:

Identificação do Reagente	Quantidades consumidas/ano de 2006 (especificar unidades em volume, peso, etc. …)	Operação ou processo da linha de tratamento onde é utilizado

3.2. Manutenção de equipamentos: ☐ Sim ☐ Não

3.3. - Se sim, indique a frequência média com que se dirigem à estação: ____________________________

3.4. Outros (identifique os que considere relevantes e especifique a frequência da sua deslocação à ETAL):

____

____

____

D4.4 – ANÁLISE DE CUSTOS

1. Investimento:
   1.1. Investimento Inicial (€): ___________________
   1.2. Taxa de comparticipação a fundo perdido de 1.1 (%): _____________
   1.3. Investimento de Expansão/Substituição (€): ___________________
   1.4. Taxa de comparticipação a fundo perdido de 1.3 (%): _____________
   1.5. Amortizações (2006): _________________________
2. Custos de Exploração e Operação anuais: [ano de referência: 2006]
   2.1. Custos energéticos totais (€): ______________________________
   (e.g. energia, aquecimento, ventilação, iluminação, ar comprimido, …)
      2.1.1. Caso seja feito o aproveitamento de biogás para a produção de energia, no aterro ou na própria instalação, indique:
      2.1.2. O proveito anual (em 2006) obtido com esse aproveitamento: _______________
      2.1.3. Consequente percentagem de redução na tarifa do tratamento de RSU, caso de verifique: _________________ (%)
   2.2. Custos com reagentes (€): ____________________________
   2.3. Custos com pessoal (€):
      2.3.1. Custos totais com pessoal com vinculo à empresa: _______________
      2.3.2. Custos totais com pessoal contratado em regime temporário: ________________
   2.4. Custos totais com aluguer de equipamentos (€/ano): ________________
   2.5. Custos totais com conservação e manutenção (€/ano): _______________
   2.6. Custos totais com a aquisição de outros serviços: ________________________
   Outros serviços quais: ____
   ____
3. Custos unitários de tratamento:
   3.1. Custo de efluente tratado (€/m^3 de lixiviado tratado): ______________________

D4.5 – LEVANTAMENTO DE PROBLEMAS

1. Que tipo de problemas se verificam com maior frequência? (assinale com um X e especifique)

☐ Problemas operacionais (avarias, falta de equipamentos, instrumentação, controlo e automação): ____
____

☐ Problemas de logística: ____
____

☐ Problemas com pessoal (falta ou excesso de pessoal, falta de mão-de-obra especializada, etc.): ____
____

☐ Outros (especifique): ____

2. Qual a frequência com que ocorrem os problemas anteriormente referidos (assinalar com um X na frequência):

Problemas	1. Muito frequente (Todos os dias)	2. Frequente (Todas as semanas)	3. Com alguma frequência (Todos os meses)	4. Pouco frequente (1 vez em cada 3 ou 4 meses)	5. Raramente (1 vez por ano)
1.1 Operacionais					
1.2 Logística					
1.3 Com pessoal					
1.4 Outros					

3. Que soluções são apresentadas e/ou previstas para colmatar as falhas/problemas identificadas (os): ____

____

____

4. É preparado algum tipo de relatório à Administração? ☐ Sim ☐ Não

4.1. Se sim, de que tipo e em que formato? ________________________________

5. A que tipos de auditoria são sujeitos, ou encomendam por iniciativa próprias? (especifique) ____

5.1. Quem as realiza? ____

5.2. Com que frequência? ____

5.3. Em que altura do ano? ____

6. Com que frequência são realizadas inspecções de equipamento (incluído equipamento de segurança, e.g. extintores)? ____

____

7. Em relação aos aspectos negativos que aqui foram levantados, queira expor algumas sugestões para os melhorar: ____

____

D5 – MONITORIZAÇÃO

D5.1 – CONTROLO DE LIXIVIADOS

Assinale com um X os parâmetros monitorizados na coluna correspondente às respectivas frequências, e o local/laboratório onde são realizadas:

Parâmetros	AS em exploração			AS encerrado	Local/Laboratório onde é realizada a análise
	mensal	trimestral	semestral	(semestral)	
pH					
Condutividade					
CQO					
CBO_5					
Cloretos					
Amónio					
Carbonatos/bicarbonatos					
Cianetos					

Parâmetros	AS em exploração			AS encerrado	Local/Laboratório onde é realizada a análise
	mensal	trimestral	semestral	(semestral)	
Arsénio					
Cádmio					
Crómio total (caso de aplique Cr VI)					
Mercúrio					
Chumbo					
Potássio					
Índice de fenóis					
Hidrocarbonetos totais					
Fluoretos					
COT					
Nitratos					
Nitritos					
Sulfatos					
Sulfuretos					
Alumínio					
Bário					
Boro					
Cobre					
Ferro					
Manganésio					
Zinco					
Antimónio					
Níquel					
Selénio					
Cálcio					
Magnésio					
Sódio					
AOX					
Outros (indicar quais)					

1. Em 2006, quais os parâmetros que se encontraram abaixo dos valores limite de descarga (conformidade legal):

____

____

2. O nível piezométrico dos lixiviados é controlado quinzenalmente? ☐ Sim ☐ Não
   2.1. Se não, qual a periocidade desse controlo? ____________________
3. É feita, para além das exigidas análises de periocidade semestral, um controlo mais frequente para monitorização da qualidade das águas lixiviantes produzidas no aterro? ☐ Sim ☐ Não
   3.1. Se sim, com que frequência: ____
   3.2. Se sim, qual o total de análises realizadas (n.º de análises/ano): _____________________
4. Para além do plano de monitorização previsto no Decreto-lei 152/02, de 23 de Maio (Anexo IV), a entidade gestora possui algum outro plano de monitorização ou controlo por iniciativa própria?
   ☐ Sim ☐ Não

5. Aquando da realização de descargas do lixiviado tratado são realizadas análises "*in situ*" afim de assegurar a qualidade do efluente tratado descarregado? ☐ Sim ☐ Não

6. A entidade gestora possui Licença de Descarga para a rejeição das águas lixiviantes tratadas? (Decreto-Lei n.º 46/94, de 22 de Fevereiro): ☐ Sim ☐ Não

6.1. Se sim, indique a data de quando foi concedida a licença de descarga e qual a sua validade: ___ /___ /_______ ; ___ /___ /_______ (validade)

6.2. Se não, justifique: (meio receptor) ____
____

7. O sistema possui Licença Ambiental (Decreto-Lei 194/2000)? ☐ Sim ☐ Não

7.1. Se sim, indique a data de quando foi concedida e qual a sua validade: ___ /___ /_______ ; ___ /___ /_______ (validade)

7.2. Se não, está em curso o Pedido de Licença Ambiental (PCIP)? ☐ Sim ☐ Não

D5.2 – CONTROLO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

1. Foi efectuada, antes do início das operações de exploração, uma colheita de amostras e posterior análise dos piezómetros da rede de controlo e dos pontos de água subterrânea situados na área de influência potencial do aterro? ☐ Sim ☐ Não

1.1. Se sim, quantos pontos de monitorização no aterro foram previstos? _______

1.2. Se sim assinale com um X os parâmetros medidos conforme a frequência das análises:

Parâmetros	AS em exploração		
	Mensal	Semestral	(anual)
pH			
Condutividade			
COT			
Amónio			
Carbonatos/bicarbonatos			
Cianetos			
Arsénio			
Cádmio			
Crómio total (caso de aplique Cr VI)			
Mercúrio			
Chumbo			
Potássio			
Índice de fenóis			
Hidrocarbonetos totais			
Fluoretos			
Nitratos			
Nitritos			
Sulfatos			
Sulfuretos			

Parâmetros	AS em exploração		
	Mensal	Semestral	(anual)
Alumínio			
Bário			
Boro			
Cobre			
Ferro			
Manganésio			
Zinco			
Antimónio			
Níquel			
Selénio			
Cálcio			
Magnésio			
Sódio			
AOX			
Outros (indicar quais):			

2. É feita, para além da exigida periocidade semestral, um controlo mais frequente da qualidade da água subterrânea? ☐ Sim ☐ Não

3. É feita a medição do nível piezométrico em todos piozométros da rede de controlo?

4. Quantos pontos de amostragem (piezómetros) existem?

   a) a montante ___________; b) a jusante __________

5. Foram já registados variações significativas dos níveis freáticos? ☐ Sim ☐ Não

D5.3 – CONTROLO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS

1. Existem águas superficiais nas proximidades da ETAL? ☐ Sim ☐ Não

   1.1. Se sim, é feito um controlo destas águas ☐ Sim ☐ Não

   1.2. Se sim, qual a periocidade do controlo das águas superficiais? ________________________

2. Onde estão localizados os pontos de amostragem? ____________________________________

____

3. Qual a frequência do controlo da capacidade disponível na bacias retenção/regularização de lixiviados?

Diária	Semanal	Mensal	Trimestral	Semestral	Anual
☐	☐	☐	☐	☐	☐

D6 – LEVANTAMENTO DE OPINIÕES

1. Utilizando uma escala de 1 a 5, como a apresentada, diga como classifica o grau de adequação da linha de tratamento implantada face:

1	2	3	4	5
Inadequado	Pouco adequado	Satisfaz	Adequado	Excelente

1.1. Às características afluentes do lixiviado:

1.1.1. Ao nível da qualidade afluente: ______

1.1.2. Ao nível da quantidade afluente: _____

1.2. Às necessidades de eficiência de remoção face ao tipo de meio receptor (com vista ao cumprimento das normas de descarga do efluente): _____

2. Qual o seu grau de satisfação relativamente às actividades que se desempenham diariamente na exploração da ETAR, que contribuam para o bom funcionamento do sistema:

1.Totalmente insatisfeito	2. Insatisfeito	3. Pouco Satisfeito	4. Satisfeito	5. Muito Satisfeito
☐	☐	☐	☐	☐

3. Existem operações de exploração do aterro que contribuam ou possam contribuir de uma forma directa ou indirecta para a degradação da qualidade do lixiviado afluente à ETAL? ☐ Sim ☐ Não

3.1. Se sim, quais? (especifique-as e indique se se tratam de causas de origem directa ou indirecta):

____

____

4. Das actividades diárias realizadas ao nível da exploração da ETAL quais as que considera imprescindíveis (Nomeie pelo menos 3 que considere prioritárias): _______________________

____

____

5. Considera adequado o número de trabalhadores disponíveis na ETAL? ☐ Sim ☐ Não

5.1. Se não, indique então o número que considera adequado, e justifique sucintamente as necessidades:

____

____

6. Com que frequência se recorre ao *By-pass* geral à estação (com descarga directa para o ponto de descarga): _____________________ (n.º de vezes por semana/por mês/por ano)

7. Descreva as principais razões que levam a que tal aconteça (os motivos mais frequentes):

____

____

8. Acha que a ETAL funciona bem na maioria dos meses do ano? ☐ Sim ☐ Não

9. Existem documentos (e.g. relatórios e/ou estudos) de avaliação interna do funcionamento da ETAL? ☐ Sim ☐ Não

9.1. 9.1. Se sim, refira qual (s) e a qual (s) a frequência com que são elaborados:

____

10. Na sua opinião, têm-se verificado variações ao nível da quantidade de Resíduos Urbanos Biodegradáveis (RUBs) recebidos pelo aterro? ☐ Sim ☐ Não

11. Que operação (s) gostaria de ver concretizadas ao nível da exploração do Aterro com vista à diminuição da carga orgânica a afluir à ETAL? (descrição sucinta)

____

____

D7 – REGISTO E INFORMAÇÃO DE OCORRÊNCIAS, INFORMAÇÃO

1. Já ocorreram acidentes ou avarias/falhas no sistema? ☐ Sim ☐ Não

1.1. Se sim, de que tipo? ____

1.2. E tiveram repercussões para o tratamento? ☐ Sim ☐ Não

1.2.1. Se sim, quais? ____

____

1.3. Algum funcionário sofreu danos? ☐ Sim ☐ Não

1.4. Se sim, de que tipo? ____

2. Existem infra-estruturas ou órgãos que sejam considerados como risco evidente para a segurança dos que operam na estação? (Para além dos riscos inerentes uma ETAL, como o normal manuseamento de produtos como químicos, lamas….etc.)? ☐ Sim ☐ Não

2.1. Se sim, especifique: ____

____

3. Existe algum inventário com o registo de problemas ocorridos? ☐ Sim ☐ Não

4. Existem manuais de funcionamento disponíveis para os trabalhadores e/ou operadores?

☐ Sim ☐ Não

4.1. Se sim de que tipo (assinale a (s) opção (s)):

☐ Operação ☐ Segurança ☐ Outros (quais): ____________

5. Existem reclamações feitas por: (assinale as opções)

☐ Público em geral ☐ Fornecedores ☐ Câmaras Municipais ☐ Empresas associadas

☐ Outros (quais): _______________

6. Existem registos dessas reclamações? ☐ Sim ☐ Não

7. Casos tenham existido reclamações, que tipo de iniciativa ou acções foram dadas como resposta? ____

____

8. A entidade possui certificação de Qualidade, Ambiental, Segurança, ou outros?

☐ Sim ☐ Não

8.1. Se sim, refira que tipo de certificação possui e indique a data mais recente dessa mesma certificação

____

8.2. Se não, estão a preparar alguma? ☐ Sim ☐ Não

9. Encontra-se disponível informação on-line sobre a ETAL: ☐ Sim ☐ Não

9.1. Se sim, indique o endereço URL: ____

9.2. Se não está em curso a realização de uma página on-line com informação sobre a ETAL?

☐ Sim ☐ Não

D8 – OUTRAS INFORMAÇÕES

Esta secção destina-se ao fornecimento de outras informações que considere relevantes para presente questionário, e que não estejam contempladas nas questões expostas no mesmo.

Poderá ainda, se desejar, acrescentar neste espaço alguma informação de alguma questão anterior, tendo para isso apenas que identificar o número e a secção da questão (e.g. D3-2.2) e expor a informação que desejar.

ANEXO C – OFÍCIO IRAR/O - 2745/2007

INSTITUTO REGULADOR DE ÁGUAS E RESÍDUOS

Centro Empresarial Torres de Lisboa
Rua Tomás da Fonseca, Torre G – 8º
1600-209 Lisboa

Tel.: +351 210 052 200
Fax: + 351 210 052 259
E-mail: irar.geral@irar.pt
Sítio na Internet: www.irar.pt

Exmo. Sr.
Presidente do Conselho de Administração
Águas do Zêzere e Côa, S.A.
Rua Dr. Francisco Pissarra, n.º 21 - R/C
Apartado 3012
6300-906 GUARDA

Vossa referência: *Your reference:*	Vossa comunicação de: *Your communication:*	Nossa referência: *Our reference:*	Nosso processo: *Our process:*	Data: *Date:*
		IRAR/O-2745/2007		2007-07-09

Assunto:
Subject: Estudo sobre a Gestão de Lixiviados Produzidos em Aterros Sanitários

Ex.^mo Senhor, Presidente

O Instituto Regulador de Águas e Resíduos, no âmbito da sua missão de regulador (e promotor) da qualidade do serviço das entidades gestoras dos serviços de gestão de resíduos urbanos, decidiu promover um estudo, em conjunto com o Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (DCEA - FCT/UNL), sobre a gestão de lixiviados produzidos em aterros sanitários.

O estudo pretende aferir se o tratamento dos lixiviados é ou não uma questão relevante para a prestação de serviços de gestão de resíduos urbanos no contexto nacional, qual a natureza do(s) problema(s) (i.e. operacional, ambiental e económico), quais as medidas mais indicadas para os minimizar (e.g. recomendações técnicas de operação ou propostas mais profundas, que possam inclusive determinar alterações legais) e avaliar os impactes que essas medidas poderão ter em termos operacionais e económicos. Não obstante a existência de alguns estudos sobre esta temática, entendemos que se verifica ainda a necessidade de aprofundamento e actualização desta matéria, nomeadamente no que respeita às questões de natureza económica e financeira.

Nesse sentido, estamos convictos que os resultados a obter irão seguramente ser um contributo significativo para as entidades gestoras, razão pela qual o estudo será publicado na série Estudos IRAR, inserido na política editorial deste Instituto.

Face ao exposto, tendo em conta a relevância desta iniciativa, e a importância da informação que as entidades gestoras detêm acerca do assunto em causa, ao abrigo do Decreto-Lei n.º 362/98, de 18 de Novembro, alterado pelo Decreto-Lei n.º 151/2002, de 23 de Maio, que aprova o estatuto deste Instituto, o IRAR vem por este meio solicitar a v. colaboração na disponibilização de informação sobre o vosso sistema, fundamental para a prossecução do referido estudo. Assim, agradecemos o preenchimento do inquérito em anexo a este ofício, solicitando que o mesmo seja enviado ao IRAR até ao dia 15 de Agosto. Ainda durante este mês contamos contactar V. Exas., no sentido de vir a realizar visitas às instalações, caso as mesmas se venham a revelar necessárias. Para o esclarecimento de qualquer dúvida por favor contactar o Eng. João Almeida do Departamento de Estudos e Projectos, através do endereço electrónico joão.almeida@irar.pt.

IRAR

Com os melhores cumprimentos,

O Conselho Directivo

Dulce Álvaro Pássaro

ANEXO D – SOLICITAÇÃO FORMAL DE REUNIÃO/VISITA TÉCNICA AOS SISTEMAS DE GESTÃO

PARA / TO:

N. PÁGINAS / NUMBER OF PAGES: 1 / 1

DE / FROM: Prof.ª Doutora Graça Martinho

DATA / DATE: / /

ASSUNTO / SUBJECT: Estudo sobre a Gestão de Lixiviados Produzidos em Aterros Sanitários

FAX NUMBER:

Ex.mo Senhor

No âmbito do estudo que a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (FCT/UNL) em colaboração com o Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR) está a realizar sobre o tratamento de lixiviados, e na sequência do ofício enviado pelo IRAR no passado dia 9 de Julho, Ofício IRAR/O - 2745/2007, vimos por este meio solicitar o agendamento de uma reunião, seguida de uma visita à ETAL, com a presença do responsável técnico da ETAL.

Mais se informa que para além da equipa da FCT/UNL, composta por três elementos, irá também um ou dois técnicos do IRAR.

Esta reunião tem por objectivo a recolha de informações relativas às características e funcionamento da ETAL.

A resposta a este pedido deverá ser dirigida à Engª Ana Sofia Brandão, para um dos seguintes contactos:

Fax: 21 294 85 54
Telef. 21 294 83 00 (ext.10144)
Mail: abrandao@fct.unl.pt

Atendendo aos prazos previstos para a realização deste estudo, muito agradecíamos se a referida reunião e visita se pudessem concretizar na primeira quinzena do mês de Setembro.

Com os melhores cumprimentos,

Profª Doutora Graça Martinho

Campus da Caparica
2829-516 CAPARICA
T. +351 21 294 83 30
F. +351 21 295 44 61
www.fct.unl.pt

ANEXO E – LISTA DE CONTACTOS DOS SISTEMAS INTERMUNICIPAIS

Quadro 1. Lista de Contactos dos Sistemas Intermunicipais

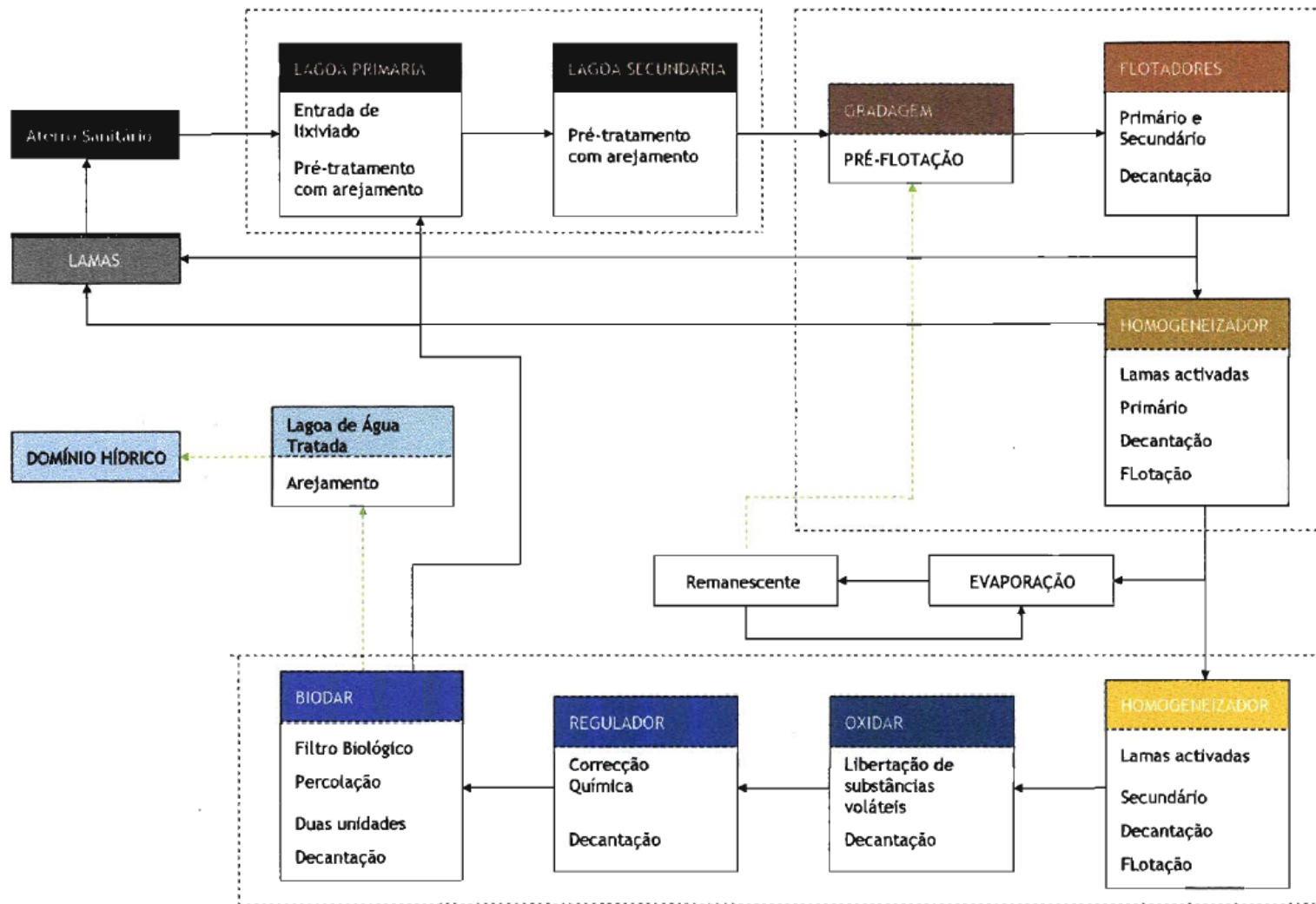
Sistemas Intermunicipais	Contactos dos Sistemas
1. Ambilital	Eng.ª Alexandra Pinheiro (Direcção da Qualidade, Ambiente e Segurança) Morada: Aterro Sanitário da Amagra, Monte Novo dos Modernos, AP. 20, Ermidas do Sado, 7565-000 Ermidas Sado Tel.: 269 502 030; Fax: 269 502 111 E-mail: geral@ambilital.pt, alexandrapinheiro@ambilital.pt, Website: http://www.ambilital.pt,
2. Ambisousa (Valsousa)	Eng.ª Susana Medeiros, Eng. Daniel Lamas, Eng. Joel Braga (Aterro de Penafiel) Eng. Ricardo Meneses (Aterros de Lustosa) Morada Ambisousa: Praça D. António Meireles, n.º29, 4620-130 Lousada Tel.: 255 810 750; Fax: 255 815 141 E-mail: ambisousa@ambisousa.pt, Website: http://www.ambisousa.pt, Morada: Aterro Saninitário de Penafiel, Serra da Boneca, Rio Mau, 4575- Rio Mau Tel.: 255 600 150; Fax: 255 600 159 Morada: Aterro Saninitário da Lustosal, Serra de Campelos, Lustosa, 4620-Lustosa Tel.: 255 880 860; Fax: 255 880 869 E-mail: susana.medeiros@ambisousa.pt, daniel.lamas@ambisousa.pt, Joel.braga@ambisousa.pt, ricardo.meneses@ambisousa.pt.
3. Amcal	Dr. Fernando Curado (Administrador Delegado); Eng. Carlos Monteiro (Gabite Técnico) Morada Amcal: Largo do Almeida, 1, 7940-114 Cuba Tel.: 284 419 020; Fax: 284 419 029 E-mail: amcal@amcal.pt, Website: http://www.amcal.pt, Morada Aterro Sanitário: Estrada Nacional 258, ao Km 5.3, Vila Ruiva, 7940-114 Cuba Tel.: 284 495 023 E-mail: gabtec@amcal.pt
4. Tratolixo (Amtres)	Dr. Tiago Faria (Gabinete de Planeamento Estratégico, Inovação & Desenvolvimento Tecnológico); Eng.ª Susana Dias Morada: Av. v. 5 de Junho – Dia Mundial do Ambiente, Trajouce 2785-155 S. Domingos de Rana Tel.:214 459 500; Fax: 214 444 030 E-mail: residuos@tratolixo.pt, tiago.faria@tratolixo.pt, susana.dias@tratolixo.pt, Website: http://www.tratolixo.pt
5. Ecobeirão	Eng.ª Manuela Dias, Eng.ª Monica Coimbra Morada: Aterro Sanitário do Planalto Beirão: Vale da Margunda – Borralhal 3465-013 Barreiro de Besteiros Tel. 232 870 020; Fax: 232 870 021 E-mail:geral@amr-planaltobeirao.pt; manueladias@amr-planaltobeirao.pt; Website: http://www.amr-planaltobeirao.pt
6. Ecolezíria	Eng. Rui Manuel Nunes Brites (Director Técnico) Morada: Rua Dionísio Saraiva, n.2, 1.ª Porta 5, 2080-104 Almeirim Tel.: 243 599 002/8; Fax: 243 599 004 E-mail: ecoleziria@gmail.com;
7.Gesamb	Eng. Ana Silva (Directora Técnica), Eng. Ivo Dias Morada Aterro Sanitário Intermunicipal: Estrada das Alcáçovas 7000-175 Évora Tel.: 266 748 123; Fax: 266 748 125 E-mail: geral@gesamb.pt, ana.silva@gesamb.pt,ivo.dias@gesamb.pt, Website: http://www.gesamb.pt.

(continua)

Quadro 1. Lista de Contactos dos Sistemas Intermunicipais *(continuação).*

8. Lipor	Dr. Abílio Almeida (Coordenador), Eng. Celso Rocha (Citrup) Morada Lipor: Apartado 1510, 4435-996 Baguim do Monte, Tel.: 229 770 100; Fax: 229 756 038 E-mail: lipor@lipor.pt, Website: http://www.lipor.pt Morada Aterro Sanitário da Maia: Lugar de Crestins, Apartado 3060, Moreira da Maia, 4471-907 Moreira da Maia Tel.:229 477 580 / 229 471 070; Fax: 229 477 589 E-mail: abílio.almeida@lipor.pt, celsorocha@citrup.pt,
9. Raia/pinhal (Zagope)	Eng. Nuno Miguel Ferreira Lopes da Silva Morada Raia-Pinhal: Rua da Fonte Nova, nº1 Quinta da Fonte Nova 6000-167 Castelo Branco Tel.: 272 322 009; Fax: 272 322 095 E-mail: geral@am-raiapinhal.com; Website: http://www.am-raiapinhal.com, Morada Aterro sanitário da Raia-Pinhal: Km 5 da EN 18-8 (Estrada de Malpica) Monte de São Martinho, Castelo-Branco, 6000-Castelo Branco Tel.: 272 324 668; Fax: 272 324 665 E-mail: nuno.silva@zagope.pt;
10. Resialentejo (Amalga)	Eng. Ana Nunes; Eng. Pedro Sobral Morada: Herdade do Montinho, Apartado 6272, Santa Clara do Louredo, 7801-903 Beja Tel.: 284 311 220; Fax: 284 311 221 E-mail : geral@resialentejo.pt, Website: http://www.resialentejo.pt,
11. Resíduos do Nordeste	Dr. Paulo Praça (Director-Geral); Eng. Ana Carvalho, Eng. Luis Teixeira (Focsa) Morada Resíduos do Noredeste: Rua Fundação Calouste Gulbenkian 5370-340 Mirandela Tel.: 278 201 570, Fax: 278 261 897 E-mail: geral@residuosdonordeste.pt, Website: http://www.residuosdonordeste.pt, Morada Aterro de Urjais: Fredras, Mirandela, 5379-565 Mirandela Tel.: 226 199 490; Fax: 226 199 499 E-mail: anacarvalho@residuosdonordeste.pt, luisteixeira@focsa.pt,
12. Resitejo	Eng.ª Filipa Sobral (Direcção Técnica – Ribtejo, SA) Morada: Apartado 120, 2141-901 Chamusca Tel:249 740 642; Fax:249 740 031 Tel. 249 740 031/249 740 676 (Ribtejo) E-mail: fsobral.ribtejo@net.novis.pt, Website: http://www.resitejo.pt
13. Vale do Douro Norte	Eng. Paulo Noronha (Administrador Delegado), Dr.ª Ilda Palma Morada Vale do Douro Norte: Av. Carvalho Araújo, 7, 5000-657 Vila Real Tel.: 259 309 731; Fax: 259 309 733 E-mail: geral@amvdn.pt, Website: http://www.amvdn.pt Morada Aterro de Andres: Mosteiro – Andrães, Mosteiro, 5000-033 Vila Real Tel. 259 328 615 E-mail: pnoronha@amvdn.pt, ilda.palma@novaflex.pt,

ANEXO F – ETAL EXTRA-RESI DO ATERRO SANITÁRIO DO PLANALTO BEIRAO (TONDELA)

ETAL Extra-Resi - Aterro Sanitário do do Planalto Beirao(Tondela)

ANEXO G – ETAL DO ATERRO SANITÁRIO DA RESÍDUOS DO NORDESTE (MIRANDELA)

ETAL do Aterro Sanitário de Mirandela – Resíduos do Nordeste